

Aus dem Zentrum für klinische Tiermedizin  
Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Angefertigt unter Anleitung von  
Univ.- Prof. Dr. R. Korbelt

# **Augenerkrankungen bei Ziervögeln**

Ein Online -Tutorial

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Julia Ariane Ammon  
aus  
Bonn

München 2013

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Rüdiger Korb

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr. Thomas Göbel  
Univ.-Prof. Dr. Roberto Köstlin  
Univ.-Prof. Dr. Holm Zerbe  
Univ.-Prof. Dr. Sven Reese

Tag der Promotion: 20. Juli 2013

---

FÜR MEINE FAMILIE

---



## Inhaltsverzeichnis

<b>Bedienungshinweise .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Anatomie des Vogelauges.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Augenhöhle - Orbita .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Augapfel - Bulbus oculi .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Augenanhangsgebilde - Adnexe .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Muskeln des Augapfels - Musculi bulbi.....	10
2.3.2 Augenlider - Palpebrae .....	10
2.3.3 Tränenapparat - Apparatus lacrimalis.....	11
<b>2.4 Äußere Augenhaut - Tunica fibrosa bulbi .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Lederhaut - Sklera .....	12
2.4.2 Hornhaut - Kornea .....	13
<b>2.5 Mittlere Augenhaut - Tunica vasculosa bulbi.....</b>	<b>13</b>
2.5.1 Regenbogenhaut - Iris .....	14
2.5.2 Strahlenkörper - Corpus ciliare .....	14
2.5.3 Aderhaut - Uvea - Choroidea .....	15
<b>2.6 Innere Augenhaut - Tunica interna bulbi.....</b>	<b>16</b>
2.6.1 Netzhaut - Retina .....	16
<b>2.7 Augenkammer - Camera bulbi.....</b>	<b>17</b>
<b>2.8 Linse - Lens .....</b>	<b>18</b>
<b>2.9 Glaskörper - Corpus vitreum .....</b>	<b>19</b>
<b>2.10 Augenfächer - Pecten oculi .....</b>	<b>19</b>
<b>2.11 Sehnerv - Nervus opticus .....</b>	<b>20</b>
<b>3. Leitsymptome der Augenerkrankungen .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Systemisch bedingte Augenerkrankungen .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Zentralnervöse Erblindung.....	21
<b>3.2 Krankheiten mit Lageänderungen und Motilitätsstörungen.....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Exophthalmus .....	22
3.2.2 Enophthalmus .....	24
<b>3.3 Krankheiten der Augenlider und ihrer Umgebung .....</b>	<b>24</b>
3.3.1 Augenlider .....	24
3.3.2 Nickhaut.....	27
3.3.3 Augenumgebung.....	28
<b>3.4 Krankheiten des Tränenapparats.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Krankheiten der Nasennebenhöhlen .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Krankheiten der Konjunktiven.....</b>	<b>31</b>
3.6.1 Konjunktivitis .....	31

<b>3.7 Krankheiten der Hornhaut.....</b>	<b>35</b>
3.7.1 Keratitis .....	35
<b>3.8 Krankheiten der vorderen Augenkammer und der vorderen Uvea.....</b>	<b>37</b>
3.8.1 Uveitis .....	38
3.8.2 Form- und Größenveränderungen der Pupille .....	39
<b>3.9 Krankheiten der Linse .....</b>	<b>40</b>
3.9.1 Katarakt.....	40
3.9.2 Linsenluxation .....	42
<b>3.10 Krankheiten des Augenhintergrunds .....</b>	<b>42</b>
3.10.1 Augenfächer .....	43
3.10.2 Sehnerven .....	43
3.10.3 Netzhaut .....	44
<b>4. Interaktives Lernen .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Die Multiple Choice Methode .....</b>	<b>47</b>
<b>6. Material und Methoden .....</b>	<b>49</b>
6.1 Materialien .....	49
6.2 Methoden.....	49
6.2.1 Konzept.....	49
6.2.2 Programmerstellung.....	50
<b>7. Ergebnisse .....</b>	<b>55</b>
<b>8. Diskussion .....</b>	<b>65</b>
8.1 Morphologische vs. ätiologische Systematik der Augenerkrankungen.....	66
8.2 Interaktives Lernen mit Lernprogrammen.....	67
8.3 Prüfen mit der Multiple Choice Methode .....	68
8.4 Softwareanforderungen zur Erstellung des Lernprogramms.....	70
<b>9. Zusammenfassung.....</b>	<b>72</b>
<b>10. Summary .....</b>	<b>74</b>
<b>11. Résumé .....</b>	<b>76</b>
<b>12. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>78</b>
<b>13. Danksagung.....</b>	<b>93</b>

## Bedienungshinweise

### CD- Rom

Windows:  
**selbststartend**

Mac:  
Ordner „**starte mich**“ öffnen

### Online-Version

Internetadresse:  
**birdeye.teamzone.de**

Benutzername:  
**ammon**

Passwort:  
**Graupapagei**

Die im Online-Tutorial und im Dokument vorkommenden Bilder stammen, falls nicht anders gekennzeichnet, aus der DIA-Sammlung von Herrn Prof. Dr. R. Korbel.

## 1. Einleitung

### *„A Bird is a Wing, Guided By an Eye“*

Das geflügelte Wort des Philosophen Rochon – Duvigneaud aus dem Jahre 1943 beschreibt äußerst zutreffend die besondere Rolle des Auges für den Vogel. Seine herausstehenden Fähigkeiten wie das Fliegen, Tauchen und die selbstständige Nahrungssuche machen den Vogel von einem voll funktionsfähigen Visus abhängig. Bei Verlust oder Erkrankung kann dieser kaum oder gar nicht kompensiert werden. Für Vögel als sogenannte „Augentiere“ (Korbel 1991) hat gerade das Fachgebiet der Ophthalmologie eine zentrale Bedeutung. Die Notwendigkeit einer vollständigen und fachgerechten Augenuntersuchung mit entsprechender Therapie wird durch eine Studie von Korbel (1994), bei der 7,6% von 10.745 untersuchten Vögeln pathologische Augenveränderungen aufwiesen, belegt.

Aufgrund der zunehmenden Beliebtheit der Vogelhaltung und der dadurch ansteigenden Zahl an Patienten gewinnt die Ornitho-Ophthalmologie eine immer größere Bedeutung in der Tiermedizin. Bei der Anwendung ist besonders darauf zu achten, dass sie nicht als eine separate Disziplin betrachtet wird, sondern in den allgemeinen Untersuchungsgang integriert wird (Korbel, 1991). Dies gilt zum einen aufgrund der lebenswichtigen Bedeutung des Visus für den Vogel und zum anderen aufgrund der Hinweise auf systemische Erkrankungen, die sich durch ihre okulare Form zeigen (Korbel, 2012a, Tsai et al., 1993). Somit kann das Auge auch als ein „diagnostisches Fenster“ (Korbel, 1999, 2012a) in den Vogel betrachtet werden.

Der 1994 von Korbel entwickelte ophthalmologische Untersuchungsgang für Vögel berücksichtigt die anatomischen und physiologischen Besonderheiten und grenzt ihn von den Untersuchungsmethoden für Säugetiere klar ab. Im Laufe der Jahre wurde dieses Untersuchungsschema nach Korbel (1997 a, c; 1999 a, 2001, 2002 b, 2004 a, 2005) unter besonderer Beachtung der Inhomogenität der Patientengruppen und ihren artverschiedenen Leistungsbereichen weiterentwickelt. Bohnet (2007) erarbeitete ein interaktives Lernprogramm, das den vollständigen Ablauf einer ophthalmologischen Untersuchung des Vogelauges bildlich und interaktiv darstellt. Der Ablauf eines standardisierten ophthalmologischen Untersuchungsgangs wurde somit in der Vogelmedizin fest etabliert. Im Vergleich zu der Säugetierophthalmologie fehlt bislang jedoch bei den Ziervögeln eine morphologische Zusammenstellung der Augenerkrankungen. In der vorliegenden Arbeit werden zum ersten Mal in Form eines interaktiven Lernprogramms die Augenerkrankungen der Ziervögel morphologisch und ätiologisch dargestellt und bildlich dokumentiert.

Ziel dieser Arbeit ist es, sowohl für Studierende der Tiermedizin als auch für praktische Tierärzte den neusten Stand der Forschung zur Ornitho-Ophthalmologie zusammen zu führen und mit modernen Methoden der Informationstechnik zugänglich zu machen. Damit soll das Gebiet der Ophthalmologie und Augenerkrankungen beim Vogel leichter verständlich und die Möglichkeit einer Diagnose mit Therapievorschlügen angeboten werden. Zu diesem Zweck werden typische Augenerkrankungen von Ziervögeln systematisch und problemorientiert vorgestellt.

Die Unterteilung in morphologische und ätiologische Ansätze bietet eine duale Herangehensweise an das große Gebiet der Augenerkrankungen beim Ziervogel. Zum einen können die Erkrankungen anhand ihrer Ätiologie systematisch erlernt werden, zum anderen ermöglicht der morphologisch orientierte Aufbau einen Überblick über differentialdiagnostische Ursachen von erkrankten Strukturen. Dadurch soll erreicht werden, dass sich das Programm sowohl als Lehrmaterial als auch als Nachschlagewerk bei der Diagnosefindung eignet. Die Augenerkrankungen beim Vogel sollen durch ein qualitativ hochwertiges Bildmaterial veranschaulicht werden.

Ein im Programm integriertes Multiple Choice Quiz wird als Hilfsmittel zur Überprüfung des eigenen Wissenstandes angeboten.

Das Lernprogramm stellt somit eine Fortsetzung zu der Arbeit *„Augenuntersuchung beim Vogel – eine interaktive CD-Rom zum Erlernen des ophthalmologischen Untersuchungsgangs“* von Dr. Nadine Bohnet (Bohnet, 2007) dar. Die Kombination beider Lernprogramme ermöglicht einen ausführlichen Überblick über die Ornitho-Ophthalmologie, so dass auch Ophthalmologen für Kleintiere sich in Zukunft mit dem Patient Ziervogel auseinander setzen oder sich im Sinne postgradualer Fortbildungen weiterbilden können. Mit dem vorliegenden Lernprogramm soll ein Hilfsmittel sowohl für die studentische und die postgraduale ophthalmologische Ausbildung als auch für die praktischen Tätigkeiten von Tierärzten gegeben werden.



## 2. Anatomie des Vogelauges

### 2.1. Augenhöhle - Orbita

Die Orbita umschließt das Auge fast vollständig (Bradley, 1960, Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012). Sie wird von den Ossa frontale, praefrontale, sphenoidale, ethmoidale, palatinum, quadratum und Teilen des Jochbogens begrenzt (Korbel, 1994b, Seidel, 1988). Der obere Augenbogen (Margo supraorbitalis) bildet die knöcherne dorsale und kaudale Begrenzung. Die ventrale Begrenzung ist bei vielen Vogelarten ein faszienartiges Band – das Ligamentum suborbitale. Bei einigen Papageienarten hat es sich zu einem knöchernen Augenbogen, dem Arcus suborbitalis, differenziert. Medial sind beide Augen nur durch ein zum Teil verknöchertes Septum interorbitale voneinander getrennt (Bradley, 1960, Williams, 2012).

Anders als beim Säugetier wird das Auge beim Vogel nicht von einem retrobulbären Fettkörper (Corpus adiposum orbitae) unterlagert, sondern liegt auf dem Sinus infraorbitalis, einer Art Luftkissen, der mit dem kaudalen Abschnitt der Nasenhöhle in offener Verbindung steht (Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988). Diese direkte Lage ist von großer Bedeutung, da Infektionen des Sinus häufig auch das Auge betreffen können (Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012).

### 2.2. Augapfel - Bulbus oculi

Relativ zum Säuger sind die Augen beim Vogel sehr groß und können bis zu 30 Prozent der Schädelmasse ausmachen (Bradley, 1960, Gelatt, 2007, Korbel, 1991). Die meisten Vogelarten, auch die Psittaziden, haben einen nach anterior-posterior abgeflachten Bulbus (Bradley, 1960, Williams, 2012). Dabei ist die vordere Hälfte des Auges wesentlich stärker gekrümmt als der hintere flache Abschnitt mit dem Fundus oculi. Beide Hälften (Bulbus oculi anterior et posterior) werden durch einen ringförmigen knöchernen Skleralring (Anulus ossicularis sclerae) verbunden (Korbel, 1994b, Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a).

Durch die je nach Spezies verschiedenen Krümmungswinkel der Kornea und die artverschiedene Form der Sklera, kann man vier verschiedene Bulbusformen unterscheiden (Gelatt, 2007, Korbel, 1991, 2000, Seidel, 1988):

- **flache Form** (z.B. Papageien (Psittazidae), Tauben (*Columbidae*) und einigen Hühnervögeln (*Galliformes*))
- **globuläre Form** (z.B. Sperlingsvögeln (Passeriformes) und Taggreifvögeln (*Falconiformes*))
- **tubuläre Form** (z.B. Eulen (*Strigiformes*) und andere dämmerungsaktive Vögel)
- **flachglobuläre Form** (z.B. Entenvögeln (*Anatidae*))

Bei lateraler Lage der Augen ergibt sich oft ein monokulares Sehen, das ein Gesichtsfeld von fast 360° ermöglicht (King und McLelland, 1975, Schwarze et al., 1972a).

Dabei gibt es tierartliche Besonderheiten: Die Augen von Eulen (*Strigidae*) sind weit nach vorne gerichtet, so dass ihr Gesichtsfeld stark eingeschränkt ist. Eine mobile Halswirbelsäule ermöglicht ihnen weite Drehungen des Kopfes nach rechts und links auszuführen. Dadurch wird das relativ geringe Gesichtsfeld ausgeglichen. Im Gegensatz dazu haben Dohlen (*Corvus monedula*) durch die seitliche Lage ihrer Augen und ihre zusätzliche Fähigkeit, diese nach dorsal zu drehen, einen vollständigen Rundumblick (Reese et al., 2009).

## **2.3 Augenanhangsgebilde - Adnexe**

### **2.3.1 Muskeln des Augapfels - Musculi bulbi**

Ähnlich wie beim Säuger haben Vögel vier gerade (M. rectus dorsalis, M. rectus ventralis, M. rectus temporalis, M. rectus nasalis) und zwei schräge (M. obliquus dorsalis, M. obliquus ventralis) Augenmuskeln. Ein Musculus retractor bulbi fehlt (Bradley, 1960, Gelatt, 2007, Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988). Da der Bulbus bei vielen Arten die gesamte Orbita ausfüllt, sind diese extraokulären Muskeln bei manchen Arten nur sehr schwach ausgeprägt (King und McLelland, 1975, Williams, 2012). Dadurch kann spezieverschieden die Beweglichkeit des Auges bis auf weniger als 2° reduziert sein. Dies ist bei vielen Greifvögeln (*Falconiformes*) zu beobachten (Williams, 2012). Dieser Motilitätsverlust des Bulbus wird jedoch durch eine vermehrte Beweglichkeit des Kopfes und des Halses ausgeglichen (King und McLelland, 1975, Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988).

Für die Bewegung der Nickhaut sind zwei kräftige Muskeln verantwortlich, die Mm. quadratus et pyramidalis membranae nictitantes, die der kaudalen Seite des Bulbus anliegen (Franck, 1883, Schwarze et al., 1972a).

### **2.3.2 Augenlider - Palpebrae**

Die Hauptaufgabe der Augenlider ist der Schutz der Kornea. Oberes und unteres Augenlid sind beweglich (Bradley, 1960, Williams, 2012). Das untere Lid (Palpebra ventralis) ist bei den meisten Vögeln länger und dünner als das kürzere und dickere obere Lid (Palpebra dorsalis) und trägt daher hauptsächlich zum Lidschluss bei (King und McLelland, 1975, Korb, 2000, Krautwald et al., 1989, Williams, 2012). Bei einigen Papageienspezies (*Psittaciformes*) und Eulenvögeln (*Strigiformes*) ist hingegen das obere Lid beweglicher. Bei einigen Greifvögeln (*Falconiformes*) wird das untere Lid zudem durch eine knorpelige Platte, dem Tarsus palpebralis, gestützt (Korb, 2000, Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988).

Drei Muskeln sind für die Beweglichkeit der Augenlider verantwortlich, deren Innervation über den Nervus oculomotorius erfolgt (King und McLelland, 1975). Diese sind der M. levator palpebrae dorsalis, der das Oberlid hebt, der M. depressor palpebrae ventralis, der Niederzieher des Unterlids, und der M. orbicularis oculi, der die Lidspalte ringförmig umschließt und bei seiner Kontraktion für den Lidschluss sorgt (Bradley, 1960, Schwarze et al., 1972a).

Vor allem bei Papageien (*Psittaciformes*), aber auch bei einigen anderen Vögeln sind die Augenlider farbenprächtig hervorgehoben (Reese et al., 2009). Auffallend dabei ist, dass die Vögel keine klassischen Wimpern wie Säugetiere besitzen. Die Lidränder sind entweder federlos wie zum Beispiel bei Tauben (*Columbidae*) oder mit kleinen Haarfedern (*Cilia palpebralia*) besetzt (Karpinski und Clubb, 1983). Die Haarfedern haben keine Federfahne und kommen bei vielen Papageienarten (*Psittaciformes*), Straußen (*Struthionidae*), Greifvögeln (*Falconiformes*) und Enten (*Anatidae*) vor (Reese et al., 2009). Ein weiterer Unterschied zum Säuger ist das Fehlen von Meibomschen Drüsen und anderen Talg- und Schlauchdrüsen (Franck, 1883, Seidel, 1988).

Von großer Bedeutung für die Vögel ist die Nickhaut (*Palpebra tertia seu membrana nictitans*). Bei der Nickhaut handelt es sich um ein drittes Augenlid, das aus einer Konjunktivafalte hervorgeht und anders als beim Säuger keine knorpeligen Anteile besitzt (Kern et al., 1996, Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988). Diese feine Bindehautduplikatur schützt die Hornhaut während des Fluges vor Austrocknung und ist für die Verteilung des präkornealen Tränenfilms verantwortlich (King und McLelland, 1975, Korbel, 2004b, Williams, 2012). Auch wirkt sie bei den meisten Wasser- und Tauchvögeln als refraktäres Element und trägt so zu seiner großen Akkomodationsbreite bei (Korbel, 2000, Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012).

Im Unterschied zum Säuger wird die Nickhaut von dorsonasal nach ventrotemporal durch die *Mm. quadratus et pyramidalis* gezogen (Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012). Der freie Rand der Nickhaut hat als Besonderheit kleine Epithelfortsätze, die die Kornea säubern und den Tränenfilm regulieren (Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a).

### **2.3.3 Tränenapparat - Apparatus lacrimalis**

Der Tränenapparat der Vögel besteht aus der Tränendrüse (*Glandula lacrimalis*), der Nickhautdrüse (*Glandula membranae nictitantis*) und der Nasendrüse (*Glandula nasalis*) (King und McLelland, 1975, Reese et al., 2009).

Die Tränendrüse (*Glandula lacrimalis*) liegt im temporalen Augenwinkel zwischen der Periorbita und der Lidbindehaut (Bradley, 1960, Gelatt, 2007, Krautwald et al., 1989, Williams, 2012). Ihr Ausführungsgang führt trichterförmig in den Bindehautsack (*Saccus conjunctivae*) am Übergang der *Tunica conjunctiva bulbi* in die *Tunica conjunctiva palpebrarum* (Bradley, 1960, Schwarze et al., 1972a).

Das klare, leicht alkalische Sekret der Tränendrüse unterstützt die Nickhaut in der Befeuchtung der Kornea (Bradley, 1960, King und McLelland, 1975). Je nach Vogelart kann die Zusammensetzung variieren. Der Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) produziert zum Beispiel ein weißlich-öliges Sekret. Bei manchen Arten wie den Eulenvögeln (*Strigidae*) und den Pinguinen (*Sphenisciformes*) fehlt die Tränendrüse komplett (Reese et al., 2009).

Die Nickhautdrüse (*Glandula membranae nictitantis*) ist bei vielen Vogelarten mehr als doppelt so groß wie die Tränendrüse und ist der Hauptproduzent der Tränenflüssigkeit (Bradley, 1960, Kern et

al., 1996, King und McLelland, 1975, Williams, 2012). Die Nickhautdrüse oder auch Harder-Drüse befindet sich ventrokaudomedial vom Augapfel im nasalen Augenwinkel (Gelatt, 2007, Korbelt, 2000, Williams, 2012). Ihr Sekret wird über einen einfachen Ausführungsgang in die aus Nickhaut und Sklera gebildete Tasche abgeleitet (Seidel, 1988). Neben der Produktion von mukoider Tränenflüssigkeit übernimmt sie wichtige Aufgaben in der Immunabwehr durch die Sekretion von Immunglobulin A und die Ansammlung von Lymphozyten und Plasmazellen (Reese et al., 2009, Seidel, 1988).

Die Nasendrüse (Glandula nasalis) ist vor allem für Meeresvögel von großer Bedeutung, jedoch kommt sie auch bei anderen Arten wie Hühnern (*Phasianiformes*), Enten (*Anatiformes*), Gänsen (*Anseriformes*) und beim Uhu (*Bubo bubo*) vor. Es handelt sich dabei um eine modifizierte Tränendrüse, die dorsonasal unter der Haut in einer kleinen Knochenvertiefung der Orbita liegt. Über ihr Sekret schützt sie die Kornea vor dem Austrocknen, scheidet aber auch gleichzeitig Salz aus. Sie ist bei den Meeresvögeln neben den Nieren das wichtigste Organ zur Regulierung des Salzgehalts im Körper (Korbelt, 2000, Peaker, 1971, Reese et al., 2009).

Der Abfluss der Tränenflüssigkeit erfolgt über die nasal befindlichen Tränenpunkte (Ostia canaliculi lacimalis), von denen bei den meisten Vögeln zwei Öffnungen angelegt sind. Über die Tränenkanäle (Caniculi lacimalis) und den Ductus nasolacimalis wird die Flüssigkeit in die Nasenhöhle und von dort über den Choanenspalt in die Mundhöhle geleitet (Bradley, 1960, King und McLelland, 1975, Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012).

## **2.4 Äußere Augenhaut - Tunica fibrosa bulbi**

Die äußere Augenhaut unterteilt sich in die bindegewebige, weißliche Sklera und die transparente Kornea. Besonders beim Vogel ist die äußere Augenhaut für die Festigkeit und Formbeständigkeit des gesamten Auges wichtig und unterstützt die nur unvollständig verknöcherte Orbita (King und McLelland, 1975, Seidel, 1988). Darüber hinaus reguliert sie den Augeninnendruck und ist für den Akkomodationsmechanismus der Linse durch aktive Kompression der Linse unabdingbar (Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a).

### **2.4.1 Lederhaut - Sklera**

Die weißliche Sklera besteht vorwiegend aus kollagenem Bindegewebe. Als Besonderheit der Vögel bildet sie am Übergang zu der Kornea einen Ring aus 10 bis 18 knöchernen Schuppen (Lamina cartilaginea sclerae), kollagenen Fasern und hyalinen Knorpel, den Skleralring (Karpinski und Clubb, 1983, Korbelt, 1991, 2000). Dieser dient als Schutzschicht für das Auge und bietet einen festen Untergrund für den Ansatz von Muskeln (Bradley, 1960, Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012). Vor allem die Retina, der Augenhintergrund, wird dadurch stabilisiert. Eine zusätzliche hufeisenförmige

Knochenplatte (Os nervi optici) verstärkt die Stelle des Sehnerveneintritts (Franck, 1883, Gelatt, 2007, King und McLelland, 1975).

Eine Führungsrinne der Endsehne des M. pyramidalis im ventro-temporalen Bereich des Knochenringes bietet zusätzliche Stabilität und Sicherheit für die Beweglichkeit der Nickhaut (Korbel, 1995).

## 2.4.2 Hornhaut - Kornea

Die transparente Kornea besteht aus Kollagenfibrillen und chondroithaltiger Grundsubstanz, in die sensible Nervenfasern eingelagert sind (Bradley, 1960, Franck, 1883). Obwohl ihre Schichtdicke ( $\varnothing$  0,4mm) als auch ihr Flächendurchmesser wesentlich geringer sind als beim Säugetier, hat sie denselben klassischen Aufbau (Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988, Williams, 2012):

- Vorderes Hornhautepithel (Epithelium corneae exterior)
- Bowman'sche Membran (Lamina limitans superficialis)
- Bindegewebige Eigenschicht (Substantia propria corneae)
- Descemet Membran (Lamina limitans profunda)
- Hinteres Hornhautepithel (Epithelium corneae interior)

Dabei ist die Bowman'sche Membran aus Stabilitätsgründen etwas dicker angelegt (Williams, 2012), während die Descemet Membran sehr dünn ist und bei manchen Spezies sogar fehlen kann (Bradley, 1960, Reese et al., 2009).

Der Krümmungsradius der Kornea variiert abhängig von der Spezies und des Spezialisierungsgrads des Auges. Im Durchschnitt besitzen Vögel einen Öffnungswinkel von 120°, wobei dieser bei Tauchvögeln auf 84° begrenzt sein kann, während nachtaktive Greifvögel (*Falconiformes*) sogar Öffnungswinkel von bis zu 160° aufweisen (Reese et al., 2009, Seidel, 1988).

Die Nährstoffversorgung der avaskulären Kornea erfolgt wie beim Säugetier auch über Diffusion aus dem Kammerwasser und dem präkornealen Tränenfilm (Reese et al., 2009).

Bei der gonioskopischen Untersuchung erkennt man den Übergang der Kornea zur Sklera an einer ringförmigen Vertiefung, dem Limbus corneae, der bei den meisten Spezies Pigmenteinlagerungen vorweist und in ein inneres und äußeres Pigmentband (Anulus corneae) unterteilt werden kann (Korbel, 1994b).

## 2.5 Mittlere Augenhaut - Tunica vasculosa bulbi

Die mittlere Augenhaut besteht aus drei Anteilen:

- **Iris** (Regenbogenhaut)
- **Corpus ciliare** (Strahlenkörper)
- **Choroidea** (Aderhaut)

### 2.5.1 Regenbogenhaut - Iris

Die Iris ist aus einem lockeren, regelmäßigen Netz aus kollagenen und elastischen Fasern aufgebaut, indem neben Gefäßen, Muskelzellen und Nervenfasern auch Pigmentzellen eingelagert sind (Seidel, 1988, Williams, 2012). Sie umrandet das runde, bei einigen Vögeln querovale Sehloch (Pupille) und steuert den Lichteinfall auf die Netzhaut (King und McLelland, 1975, Schwarze et al., 1972a).

Durch die Iris wird der vordere Teil des Auges in die vordere und die hintere Augenkammer geteilt.

Vor allem bei den Papageien (*Psittaciformes*) ist die Farbe der Iris nicht nur speziesspezifisch verschieden, sondern kann bei manchen Arten, z.B. bei Kakadus (*Cacatuidae*) und Aras (*Ara*), auch Auskunft über Geschlecht und Alter geben (Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989). Bei Aras zum Beispiel verändert sich die Irisfarbe mit zunehmendem Alter: Bis zum dritten Lebensjahr der Tiere färbt sich die Iris von braun, zu grau-weiß, bis sie schließlich ihre klassische gelbe Farbe angenommen hat (Karpinski und Clubb, 1983). Gelbhaubenkakadus (*Cacatua galerita*) zeigen durch ihre Irisfarbe einen ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus: männliche Tiere besitzen eine schwarze Iris, während die der Weibchen braun gefärbt ist (Korbel et al., 2009). Jahreszeit und Fütterung haben bei manchen Arten ebenfalls Einfluss auf die Färbung der Iris (Franck, 1883).

Einige Taubenarten besitzen als Besonderheit reflektierende Iriszysten, die auch als Tapetum lucidum iridis bezeichnet werden (Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a). Eine weitere Eigenart der Tauben ist die von Züchtern als sogenannten „Wertring“ bezeichnete innere Randzone, die pigmentfrei, fett- und blutgefäßarm ist. An diesem Anulus iridis schimmert die dunkel pigmentierte Irishinterfläche hervor und bildet einen dunklen Kreis um die Iris. Seine Bedeutung ist bislang noch nicht geklärt. Einflüsse auf die Seh- und Flugleistung der Tiere können jedoch ausgeschlossen werden (Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988).

Im Unterschied zum Säuger ist die Muskulatur der Iris quergestreift (Franck, 1883, Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 2000, Williams, 2012). Daher erfolgt die Regulierung der Pupillenweite willkürlich über die Mm. sphincter und dilatator pupillae (*siehe Kapitel N. opticus*) (Korbel, 2000, 2012a). Dieser Mechanismus muss bei der medikamentösen Weitstellung der Augen für die ophthalmologische Untersuchung bedacht werden (Karpinski und Clubb, 1983). Die Anordnung der Muskelfasern ähnelt der des Säugers. So verlaufen die Fasern des M. sphincter pupillae zirkulär, während die Fasern des M. dilatator pupillae radiär verlaufen (Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988).

### 2.5.2 Strahlenkörper - Corpus ciliare

Der Corpus ciliare liegt ringartig zwischen der Irisbasis (Margo ciliaris iridis) und der Aderhaut (Choroidea) und ist im knöchernen Skleralring (Anulus ossicularis sclerae) verankert (Seidel, 1988). Durch den Ziliarspalt (Sinus ciliocleralis) wird er in eine äußere und eine innere Platte geteilt, die nur in der hinteren Pars plana verbunden sind. Seine innere Oberfläche ist von Falten besetzt. Diese bilden im vorderen Teil das Strahlenkreuz (Pars plicata, Corona ciliaris) und laufen nach hinten flach

aus (Pars plana, Orbiculus ciliaris) (Reese et al., 2009). Der Ziliarspalt steht über den Kammerwinkel (Angulus iridocorneales) mit der vorderen Augenkammer in offener Verbindung. Der Übergang wird durch das Ligamentum pectinatum markiert, das darüber hinaus die Iris an der Sklera befestigt. Bindegewebsbälkchen (Reticulum trabeculare) durchspannen den Ziliarspalt, so dass kleine Zwischenräume entstehen, die als Fontana-Räume (Spatia anguli iridocornealis) bezeichnet werden (Korbel et al., 1998, Reese et al., 2009).

Zu den Aufgaben des Strahlenkörpers zählt die Verankerung der Linse durch die Ziliarfortsätze (Processus ciliaris). Zur besseren Stabilisierung ziehen zudem Aufhängefasern (Fibrae zonulares) aus der inneren Retinaepithellage zur Linsenkapsel (Korbel et al., 1998, Reese et al., 2009). Eingelagerte Muskelfasern können die Linse und die Kornea verformen und sind daher für die Akkomodation des Auges unabdingbar (Franck, 1883, Seidel, 1988). Retinale Epithelien auf den Ziliarfortsätzen (Processus ciliaris) produzieren das Kammerwasser (Bradley, 1960, King und McLelland, 1975).

Der für die Akkomodation wichtige Ziliarmuskel (M. ciliaris) ist quergestreift und liegt eingelagert in das Stroma des Ziliarkörpers (Franck, 1883, Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989). Er besteht aus dem vorderen M. ciliaris anterior (Crampton-Muskel) und dem hinteren M. ciliaris posterior (Brücke-Muskel) (Korbel et al., 1998, Williams, 2012). Der M. ciliaris anterior verläuft von seinem Ursprung am Skleralring zum Stroma der Kornea. Eine Kontraktion bewirkt dabei eine Verstärkung des Krümmungsradius der Kornea (korneale Akkomodation). Der M. ciliaris posterior zieht vom Skleralring zur Basis des Ziliarkörpers. Bei einer Kontraktion kommt es zu einer Verkleinerung des Ziliarkörperdurchmessers und so zu einer Kompression der Linse mit gleichzeitiger Steigerung der Konvexität (lentikuläre Akkomodation) (Gelatt, 2007, King und McLelland, 1975, Korbel, 2001, Williams, 2012).

Der Ausbildungsgrad der Ziliarmuskeln ist je nach Art unterschiedlich und ist an die Lebensbedingungen der Vögel angepasst. So brauchen vor allem nachtaktive Vögel wie Eulen (*Strigiformes*) die korneale Akkomodation, während die lentikuläre Akkomodation vor allem von Tauchvögeln eingesetzt wird (King und McLelland, 1975, Williams, 2012).

### **2.5.3 Aderhaut - Uvea - Choroidea**

Kaudal der Iris geht die Choroidea aus dem Ziliarkörper hervor (Franck, 1883, Reese et al., 2009). Sie ist fest mit der Retina über die Lamina basalis verankert, während zu der Innenfläche der Sklera nur eine lockere Verbindung über die Lamina suprachoroidea besteht (King und McLelland, 1975, Reese et al., 2009).

Bei der Choroidea handelt es sich um eine dicke, stark vaskularisierte Schicht, dessen Hauptaufgabe die Ernährung der avaskulären Retina ist (Bradley, 1960, Seidel, 1988, Williams, 2012).

Die Pigmentierung der Chorioidea ist speziesabhängig unterschiedlich. So sind bei den meisten tagaktiven Vögeln Pigmente eingelagert, während diese bei nacht- oder dämmerungsaktiven Vögeln fehlen. Im Gegensatz zu vielen dämmerungsaktiven Säugetieren besitzen Vögel kein reflektierendes Tapetum lucidum (Bradley, 1960, Schwarze et al., 1972a). Eine Ausnahme ist der nachtaktive Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*), der Ansatzweise im dorsalen Fundusbereich ein diffus weiß reflektierendes Tapetum lucidum aufweist (Reese et al., 2009).

## **2.6 Innere Augenhaut - Tunica interna bulbi**

### **2.6.1 Netzhaut - Retina**

Embryologisch gesehen entwickelt sich die Retina aus einer blasenförmigen Ausstülpung des Gehirns, die durch Wiedereinstülpung zu einem doppelwandigen „Becher“ wird (Franck, 1883, Reese et al., 2009). Diese Entwicklung verdeutlicht, dass beide Blätter keine zellulären Verbindungen miteinander haben, sondern nur durch den Augeninnendruck und den Glaskörper zusammen gehalten werden. Veränderungen der Druckverhältnisse können daher zu Ablösungen (Ablatio retinae) oder Degenerationen führen. Da in der Retina keine Gefäße verlaufen (Krautwald et al., 1989), ist sie von der Nährstoffversorgung durch Diffusion von der Chorioidea und dem Pecten oculi abhängig (King und McLelland, 1975, Pettigrew et al., 1990, Williams, 2012).

Das äußere Blatt der Retina besteht aus einem einschichtigen Pigmentepithel (Stratum pigmentosum retinae), während sich das innere Blatt zu einem lichtempfindlichen Stratum nervosum retinae differenziert hat (Bradley, 1960, King und McLelland, 1975).

Aufgrund der Lage werden die hintere, lichtempfindliche Pars optica retinae und die vordere, rezeptorlose Pars caeca retina, deren Grenze entlang der Ora serrata verläuft, unterschieden. Die Pars caeca retina wird nochmals in einen Pars ciliaris retinae und einen Pars iridica retinae unterteilt, die jeweils dem Corpus ciliare und der Irishinterfläche anliegen (Reese et al., 2009).

Ähnlich wie beim Säugetier besteht der Aufbau der Pars optica retinae aus zehn Schichten, von denen neun zum Innenblatt der Retina und eine Schicht, das Pigmentepithel, zum äußeren Blatt gehören (Bradley, 1960, Franck, 1883). Eine Besonderheit der Vögel ist die bereits frühe Verbindung von Nervenzellen in der Pars optica, was beim Säugetier erst höheren nervalen Zentren vorbehalten ist. Dadurch erscheint die Netzhaut der Vögel verhältnismäßig dicker (Bradley, 1960, King und McLelland, 1975).

Vögel haben wie andere Vertebraten auch eine Retina duplex. Die Photorezeptorschicht besteht aus Zapfenzellen für das Tag- und Farbsehen (photopisches Sehen) und Stäbchenzellen für das Dämmerungs- und Nachtsehen (skotopisches Sehen). Daher kommen Zapfenzellen in der Retina tagaktiver Vögel vermehrt vor, während Stäbchenzellen kaum vorhanden sind und auch nur peripher angeordnet sind (King und McLelland, 1975, Korbel, 2000, Seidel, 1988). Durch die hohe Dichte von Zapfen und die geringe Anzahl von Zapfenzellen pro ableitender Nervenzelle kommt es zu einer hohen Sehschärfe (geringe Konvergenz). Nachtaktive Vögel zeichnen sich durch eine hohe Dichte an Stäbchen aus, von denen mehrere tausend mit einer bipolaren Nervenzelle verschaltet sind. Dadurch wird eine hohe Konvergenz erreicht (King und McLelland, 1975, Reese et al., 2009).



Die aviäre Retina besitzt die Fähigkeit eine große Perzeptionsbreite mit Wellenlängen von 320 bis 680 nm abzudecken (Williams, 2012). Dies wird auf farbige Öltröpfchen (karotinoide Pigmente) in den Zapfenzellen zurückgeführt (Bradley, 1960, Franck, 1883). Es können fünf verschiedene Typen unterschieden werden, die abhängig von der Art unterschiedliche Absorptionsmaxima mit chromatischen Filterfunktionen aufweisen. Darüber hinaus ist es Vögeln möglich, ultraviolette Licht durch transparente Öltröpfchen wahrzunehmen (Gelatt, 2007, Korbelt, 1991, 2012b, Korbelt und Stütz, 1999, Williams, 2012). In den Stäbchen von nachtaktiven Tieren ist Rhodopsin enthalten, welches das Sehen in der Dämmerung in einem Wellenlängenbereich von 490 bis 506 nm ermöglicht (Bradley, 1960, Franck, 1883, Korbelt, 2000).

Zonen der Retina mit besonders hohem Auflösungsvermögen entstehen durch eine dichte Anordnung von Zapfenzellen, die auch als *Areae retinae* bezeichnet werden (King und McLelland, 1975). Hier liegt das Verhältnis Nervenzelle zu Rezeptorzelle bei 1:1 (Korbelt, 2000). Eine weitere Verstärkung wird durch die Verdrängung von im Lichtweg liegenden Neuronen erreicht, was zu einer zentralen Eindellung der *Area retinae* führt, die auch *Fovea retinae* genannt wird (King und McLelland, 1975, Williams, 2012). Die Lage und die Form der *Area* und der *Fovea* variieren je nach Spezies erheblich (Bradley, 1960, Williams, 2012). Am häufigsten findet man jedoch eine runde *Area centralis rotunda* mit einer *Fovea centralis*, die nahe der optischen Achse des Auges liegen. Dies ist die Stelle des schärfsten monokularen Sehens und wird häufig bei Singvögeln gefunden (Korbelt, 2000, Seidel, 1988). Bei Wasservögeln ist diese Zone streifenförmig und wird als *Area centralis horizontalis* bezeichnet (King und McLelland, 1975, Korbelt, 1991). Eulenvögel (*Strigiformes*) besitzen eine *Fovea temporalis* für das binokulare, stereoskopische Sehen. Bewegungsjäger wie Greifvögel (*Falconiformes*), sowie Papageien (*Psittaciformes*) und Segler (*Apodidae*) besitzen eine Kombination aus einer *Fovea centralis* und einer *Fovea temporalis* (Bradley, 1960, Seidel, 1988).

Das Pigmentepithel der äußeren Retinaschicht ist fest mit der mittleren Augenhaut verbunden. Es enthält vor allem bei Papageien (*Psittaciformes*), aber auch einigen anderen tagaktiven Vögeln viele Melaningranula, die Streulicht absorbieren und Sehenschärfen verhindern. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung stellt sich dies in einem dunklen Fundus oculi dar. Im Gegensatz dazu besitzen nachtaktive Vögel nur ein schwach ausgebildetes Pigmentepithel. Bei ihnen stellt sich der Augenhintergrund tigerfellartig gestreift dar (Korbelt, 1994b).

## **2.7 Augenkammer - Camera bulbi**

Die Augenkammer (*Camera bulbi*) wird durch die Iris in eine vordere und eine hintere Kammer (*Camera anterior et posterior*) getrennt (King und McLelland, 1975). Die relativ große vordere Augenkammer wird von der Hinterfläche der Kornea, dem iridokornealen Winkel und der Vorderfläche der Iris begrenzt (Franck, 1883, Korbelt et al., 1998). Die Größe ist dabei von der Bulbusform und dem Krümmungsradius der Kornea abhängig (Reese et al., 2009, Schwarze et al., 1972a). Die im Verhältnis zum Säugetier kleine hintere Augenkammer wird von der Rückfläche der Iris, dem Ziliarkörper und der Linse gebildet (King und McLelland, 1975).

Die Augenkammer ist mit Kammerwasser (Humor aquosus) gefüllt (Bradley, 1960). Es ist ein klares Ultrafiltrat aus dem Plasma, das von den Ziliarkörperepithelzellen durch Diffusion, Ultrafiltration und Sekretion produziert wird (Franck, 1883). Das Kammerwasser ist sehr nährstoffreich, hyperosmolar und geringgradig azidotisch. Seine Hauptaufgabe ist die Versorgung der Linse und der Kornea (King und McLelland, 1975, Schwarze et al., 1972b).

Der Fluss des Kammerwassers ist von einer energieabhängigen Pumpe und von hydrostatischen und osmotischen Drücken abhängig. Es wird von den Epithelzellen der Ziliarfortsätzen produziert und fließt in die hintere Augenkammer (King und McLelland, 1975). Durch die Pupille gelangt das Kammerwasser in die vordere Augenkammer, wo es über den Kammerwinkel in die Fontana – Räume des Ziliarspaltes fließt. Durch Diffusion gelangt das Kammerwasser in den weiten, bei Vögeln meist zweigeteilten, Plexus venosus sclerae, der oberflächlich in der Sklera liegt (King und McLelland, 1975, Korbelt et al., 1998). Neben diesem Hauptabfluss gibt es noch einen kleineren Abfluss in der Iris. Ein kleiner Teil des Kammerwassers gelangt durch Diffusion in den Ziliarkörper, die Iris, die Kornea und den Glaskörper und wird von dort abtransportiert (Reese et al., 2009).

## 2.8 Linse - Lens

Die Linse ist ein durchsichtiger, absolut klarer bikonvexer Körper, der zwischen Iris und Glaskörper liegt (Bradley, 1960). Je nach Vogelart hat die Linse eine besondere Form: so ist sie bei tagaktiven Vögeln, wie den Psittaziden, flach, während sie bei Wasservögeln und nachaktiven Greifvögeln (*Falconiformes*) sphärisch ist (Korbelt, 1994b). Die Linse ist epithelialen Ursprungs und besteht aus einer Linsenkapsel, einem Ringwulst, einer Linsenkammer und einem Zentralkörper (Franck, 1883, Korbelt, 2000). Im Gegensatz zum Säugetier ist die Linse weicher und verformbarer und ist am Äquator (Equator lentis) fest mit den Ziliarfortsätzen verbunden (Bradley, 1960, Williams, 2012). Diese Kombination aus weicher Linse und enger Befestigung ermöglicht die aktive lentikuläre Akkomodation der Vögel, die vor allem für Tauchvögel von enormer Bedeutung ist (King und McLelland, 1975).

Die Linsenkapsel bildet eine semipermeable Membran. Diese lässt den Nährstofftransport in die Linse zu, verhindert jedoch den Kontakt des Immunsystems mit Linseneiweißen. Bei einer Ruptur der Kapsel würden diese als körperfremd erkannt und eine allergische Reaktion im Sinne einer Chorioretinitis phacoanalytica auslösen (Anderson und Buyukmihci, 1983).

Zwischen Linsenkapsel und Linsenäquator liegt ein einschichtiges Epithel, das zum Zentrum hin länger wird und sechsseitige radiär zur Linsenachse ausgerichtete Prismen bildet. Dieser Ringwulst (Pulvinus annularis lentis) schließt sich gürtelförmig um den Äquator (King und McLelland, 1975). Die genaue Funktion ist noch unbekannt. Da seine Dicke bei verschiedenen Vogelarten variiert, (so ist er bei Psittaziden und Tauchvögeln auffällig dünn, während er bei Tauben (*Columbidae*) sehr dick ist) wird vermutet, dass er die Akkomodationsfähigkeit des Auges unterstützt (Korbelt, 2000, 2001, Schwarze et al., 1972a). Auch nutritive Funktionen werden ihm zugeschrieben, da seine Fasern eine muköse Flüssigkeit in die Linsenbläschen sezernieren, die dann vom Linsenkern (Corpus lentis)

resorbiert werden. Dies könnte eine mögliche Erklärung für das weniger gehäufte Auftreten seniler Katarakte beim Vogel im Vergleich zum Säugetier sein (Duke-Elder, 1958, Korbel, 1994b).

Eine Besonderheit ist die opake, wolkige Färbung der Linse bei Nesthockern, die erst mit zunehmendem Alter verschwindet. Starke Glykogenanreicherungen werden für die Trübungen des Linsenkerns verantwortlich gemacht, die bei Eulenvögeln (*Strigiformes*) jedoch zwischen der 4-6 Lebenswoche verschwinden. Nestflüchter, wie Hühner (*Galliformes*) zum Beispiel, haben dagegen bereits ab dem ersten Lebenstag eine ungetrübte Linse (Reese et al., 2009). Ein wichtiger Unterschied zu dem Säugerauge ist die Durchlässigkeit der Linse für ultraviolette Strahlung. Die Wahrnehmung von UV-Strahlung ist für viele Vogelarten für die Nahrungssuche und die Partnerfindung lebenswichtig (Reese et al., 2009, Williams, 2012).

## 2.9 Glaskörper - Corpus vitreum

Der hinter Linse und Ziliarkörper liegende Bulbusinnenraum (Camera vitrea bulbi) wird von dem bei Vögeln relativ kleinem Glaskörper ausgefüllt (Schwarze et al., 1972a, Seidel, 1988). Dieser besteht zu 99 Prozent aus Wasser. Durch Einlagerung von feinen Kollagenfibrillen entsteht eine gelartige, transparente Masse (Stroma vitreum), die als Gerüst wirkt und dadurch den Augeninnendruck und die Retina stabilisiert (King und McLelland, 1975). Veränderungen des Glaskörpers können zu Druckveränderungen und damit zu Retinaablösungen (Ablatio retinae) führen (Reese et al., 2009).

Der Glaskörper ist durch Fibrillen, die mit der Glaskörpergrenzmembran (Membrana vitrea) verflochten sind, an den Ziliarkörper und an die Pectenbasis fixiert, mit der er die Pectenbrücke bildet. Da der Glaskörper avaskulär ist, müssen Nährstoffe vom Pecten durch den Glaskörper bis zur Retina diffundieren. Der Diffusionsmechanismus wird durch die schwingenden Bewegungen des Augenfächers unterstützt (Pettigrew et al., 1990, Schwarze et al., 1972a).

## 2.10 Augenfächer - Pecten oculi

Eine Besonderheit beim Vogelauge ist der Augenfächer (Pecten oculi), der oberhalb der Eintrittsstelle des Nervus opticus entspringt und weit in den Glaskörper hineinragt (Franck, 1883, Karpinski und Clubb, 1983, Williams, 2012). Eine ähnliche Struktur, der Conus papillaris, wird nur bei Reptilien gefunden (Gelatt, 2007, King und McLelland, 1975).

Bei dem Pecten oculi handelt es sich um eine Ausstülpung der Choroidea (Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012). Das gliale Stützgewebe des Pecten ist mit vielen Kapillaren und Nervenfasern durchzogen, in das braune und schwarze Pigmente eingelagert sind (Bradley, 1960, Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 2000, Schwarze et al., 1972a).

Es gibt unterschiedliche Formen des Augenfächers (King und McLelland, 1975):

- **Faltentyp** (Pecten plicatus oculi)
- **Flügel- oder Fahnentyp** (Pecten vanellus oculi)
- **Konustyp** (Pecten conicus oculi)

Der sehr häufig bei Kielbrustvögeln (Carinata) vorkommende Faltentyp besteht aus eng aneinander liegenden vertikalen Falten, die an ihrer Spitze zur Pektenbrücke (Pons pectinis) verwachsen sind (Bradley, 1960, Reese et al., 2009).

Der Pekten vom Flügel- oder Fahnentyp hat seinen Namen durch die 25 bis 30 vertikalen Flügel an seiner zentralen Fahne erhalten. Dieser Typ kommt fast ausschließlich bei Flachbrustvögeln (Ratitae) wie Strauß, Emu und Nandu vor. Eine Ausnahme stellt der Kiwi dar, dessen Pekten vom Konustyp ist. Dieser ist weder von Falten noch Flügeln besetzt, sondern besitzt eine glatte Wand (King und McLelland, 1975, Reese et al., 2009).

Zu den Eigenschaften des Pekten zählen neben den presso- und thermoregulatorischen (Korbel, 1991) vor allem nutritive Funktionen für den Glaskörper und die avaskuläre Retina (Bradley, 1960, Williams, 2012). Dafür spricht der besondere Aufbau der Kapillarendothelien des Pekten, die für einen aktiven transepithelialen Stofftransport sorgen. Gefördert wird dieser durch oszillatorische Augenbewegungen der extraokulären Augenmuskeln und ein passives Nachschwingen des Augenfächers (Pettigrew et al., 1990, Schwarze et al., 1972a).

## **2.11 Sehnerv - Nervus opticus**

Die grau-weiße, lanzett- oder ovale Eintrittsstelle des Nervus opticus wird beim Vogel durch den Augenfächer abgedeckt (Gelatt, 2007, Korbel, 2004c, Schwarze et al., 1972a, Williams, 2012). Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung ist diese daher nur als weiß-gelblicher Saum an der Basis des Pekten erkennbar (Reese et al., 2009). Anders als beim Säuger kreuzen beim Vogel alle Fasern der beiden Nn. optici im Chiasma opticum, wodurch ein konsensueller Pupillenreflex nicht auslösbar ist (Korbel, 2000, Reese et al., 2009). Darüber hinaus weist der Sehnerv keine Überlänge auf (Krautwald et al., 1989) und ist durch seine Ummantelung von weicher und harter Hirnhaut verhältnismäßig starr. Eine weitere Steigerung der Sehschärfe wird durch efferente Nervenfasern aus dem Nucleus istho-opticus erzeugt (Reese et al., 2009).

### **3. Leitsymptome der Augenerkrankungen**

#### **3.1 Systemisch bedingte Augenerkrankungen**

##### **3.1.1 Zentralnervöse Erblindung**

Erblindungen infolge einer zentralnervösen Erkrankung treten auch beim Vogelpatienten auf. Sie sind jedoch anders als beim Säugetier nur schwer zu detektieren. Freiflugübungen sowie die Beobachtung des sich ungestört fühlenden Vogels können Aufschlüsse über die Sehfähigkeit des Tieres geben (Korbel, 2000, Seidel, 1988).

Neben peripheren Veränderungen (Retinaveränderungen, Trübung der Kornea oder der Linse), kann eine Erblindung auch Ursache einer zentralen systemischen Erkrankung sein. Eine Enzephalitis, ausgelöst durch verschiedene infektiöse Erreger, kann neben der Erblindung des Tieres auch zu anderen Symptomen wie Ataxie, Nystagmus oder Krämpfen führen (Rupley, 1997).

Zu den infektiösen Erregern einer Meningoencephalitis gehören *Chlamydophila psittaci*, Picornaviren und *Toxoplasma gondii* (Korbel, 1992a, Lindsay et al., 1995, Rupley, 1997, Williams, 1986, Williams et al., 2001). Durch Zystenbildung von *Toxoplasma gondii* kommt es zu Läsionen im Gehirn (Lindsay et al., 1995, Parenti et al., 1986). Auch eine chronische Salmonellose (Silva et al., 1980) sowie eine Infektion mit Adeno-, Borna- (submenigeale Ödeme) (Löffler, 2011) oder Paramyxoviren können zu einer Enzephalitis mit Veränderungen im Gehirn und einer fortschreitenden Blindheit führen (Berhane et al., 2001, Joyner et al., 1989, Korbel, 1992a, 2012c, Krautwald et al., 1989, Krautwald et al., 1988, Rinder et al., 2009, Weissenbock et al., 2009). Darüber hinaus kann eine systemische Infektion mit *Cryptococcus sp.* auch Auslöser einer Entzündung des Zentralen Nervensystems mit anschließender Erblindung sein (Korbel, 2000, Willis und Wilkie, 1999).

Zu den metabolischen Erkrankungsursachen gehören Hepato-Enzephalitiden ausgelöst durch Hepatolipidosen oder Vergiftung wie zum Beispiel mit Mykotoxinen (Aflatoxinen). Eine große Rolle spielen gerade für in Gefangenschaft gehaltene Tiere chronische Vergiftungen mit Blei oder Organochloriden (Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989, Rupley, 1997, Shivaprasad und Korbel, 2003).

Die wichtigste differentialdiagnostische Gruppe zentralnervöser Erblindungen sind Verletzungen des Schädels nach Anflugtraumen oder Unfällen (Korbel, 1999, Krautwald et al., 1989). Gerade bei im Haushalt gehaltenen Psittaziden sind Traumata, Bleivergiftungen und hepatische Enzephalopathien die häufigsten Quellen für systemisch bedingte Erblindungen.

Hinweise auf vorausgegangene Traumata können Blutungen der Schnabel- oder Ohröffnung oder direkt am Auge sein. Die gründliche Untersuchung der Ohröffnung ist dabei meist die einfachste und gleichzeitig schnellste Methode zur Feststellung von retrobulbären Blutungen und Frakturen des Skleralrings (Korbel, 1994b, Williams et al., 2006). Fortschreitende Blindheiten nach einem Trauma gehen dabei meist auf intrabulbäre Blutungen (ev. Retraktionsablatio), Gehirnodeme oder nervale Läsionen zwischen optischen Nerv und dem visuellen Kortex zurück (Seidel, 1988).

Weitere Ursachen können Ausbildungen von Zysten oder neoplastischen Veränderungen im Gehirn sein. Prädisponiert für ein Hypophysenadenom sind Wellensittiche. Diese werden vor allem in der Literatur vornehmlich bei männlichen Tieren mit ungefähr vier Jahren beobachtet (Curtis et al., 1987, Romagnano et al., 1995, Williams, 1986). Aber auch andere zystische oder neoplastische Veränderungen können durch ihre Größenzunahme eine Erblindung provozieren indem sie auf den optischen Nerv oder den visuellen Kortex drücken (Korbel, 2000, Rupley, 1997).

### **3.2 Krankheiten mit Lageänderungen und Motilitätsstörungen**

Zur Beurteilung von Krankheiten mit Lageänderungen und Motilitätsstörungen sollte zunächst eine vergleichende Adspektion der Augen und ihrer Umgebung sowohl von frontal als auch von dorsal erfolgen. Dabei sollte speziell auf Asymmetrien sowie Veränderungen der Größe und Form der Bulbi geachtet werden (Bohnet, 2007, Korbel, 1994b). Zur Beurteilung der Druckverhältnisse im Auge kann dies mittels Tonometrie erfasst werden (Korbel, 1994a, Tandler, 2013). Zur Untersuchung des iridokornealen Winkels sollte die Gonioskopie herangezogen werden (Korbel et al., 1998).

#### **3.2.1 Exophthalmus**

Das abnormale Hervortreten eines gesunden Auges aus der Orbita kann entweder durch eine Volumenzunahme des Augapfels oder einen retrobulbären Prozess verursacht werden (Rupley, 1997).

Bei der Volumenzunahme des Bulbus ist zunächst das Glaukom zu nennen. Aufgrund der besonderen anatomischen Verhältnisse (weiterer aviaärer Iridokornealwinkel) treten beim Vogel fast ausschließlich Sekundärglaukome auf (Korbel, 1992b). Diese entstehen infolge von Traumata, Infektionen (Salmonellose) (Korbel et al., 1998), intraokulären Neoplasien (Bras et al., 2005), Luxationen der Linse oder infolge eines Pupillarblocks (hinteren Synechien oder Verlegung der Pupillenöffnung durch den Glaskörper) (de Kater et al., 1986). Auch die Verlegung des Filtrationswinkels durch Ablagerungen von Blut und Entzündungszellen kann zum Druckanstieg im Auge und damit zu einer Volumenzunahme führen (Korbel, 2001, Krautwald et al., 1989). Durch den sich aufbauenden Druck in der hinteren Augenkammer kann es zur Vorwölbung der Iris und zu der Entstehung einer Iris bombé oder Napfkucheniris kommen (de Kater et al., 1986, Korbel, 2004a). Experimente bei Hühnern zeigen überdies das Auftreten von lichtinduzierten Glaukomen. Dauerhafter Lichteinfluss über mehrere Wochen führt zur Größenzunahme der vorderen Augenkammer mit Verdünnung der Kornea, zur Abflachung des iridokornealen Winkels und zum Anstieg des intraokulären Drucks. Dies hat die Ausbildung eines Exophthalmus mit Spätfolgen wie Netzhautablösung, Uveitis, Linsentrübung und Phthisis bulbi als Folge (Smith et al., 1969).

Ein Keratoglobus ist eine seltene progressive Vorwölbung und Verdünnung der gesamten Kornea (Bitgood und Whitley, 1986, Krachmer et al., 1984). Als Vorstufe eines Keratoglobus wird der

Keratokonus angesehen, bei dem die zentralen Anteile der Kornea verändert sind (Landman et al., 1998). Die Veränderungen treten meist beidseitig auf und können infolge genetischer Prädispositionen oder traumatischen Verletzungen hervorgehen (Krachmer et al., 1984). Als Folgen wird die Ausbuchtung der Kornea mit gleichzeitiger Vergrößerung der vorderen Augenkammer und einer vermehrten Ansammlung von Kammerwasser angesehen (Boote et al., 2009). Die Abflachung des iridokornealen Winkels kann im Zusammenhang mit einem Keratoglobus auch zur Entstehung eines Sekundärglaukoms führen (Bitgood und Whitley, 1986). Die starke Ausdünnung der Kornea kann leicht zu traumatischen Verletzungen wie Ulcera oder Perforationen mit begleitenden bakteriellen Sekundärinfektionen führen. Diese enden ohne therapeutische Maßnahmen in einer Panophthalmitis mit Einschmelzung des Bulbus (Landman et al., 1998).

Im Zusammenhang mit dem Pop-Eye-Syndrom, einer an das Z-Chromosom gebundenen, rezessiv vererbten Augenerkrankung bei Hühnern, wird ebenfalls das Auftreten eines Keratoglobus beschrieben. Dieser entwickelt sich meist fünf bis sechs Wochen nach dem Schlupf (Bitgood und Whitley, 1986, Landman et al., 1998).

Eine Panophthalmitis kann im Frühstadium der Infektion auch zu einer Volumenzunahme des Bulbus führen. Ursache für Infektionen des gesamten Auges können zum Beispiel Pseudomonaden, Pasteurellen oder eine chronische Infektion mit Salmonellen sein (Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989, Olson, 1981).

Zu den retrobulbären Prozessen, die eine Vorwölbung des gesamten Bulbus bewirken, gehören Granulome. Diese treten typischerweise bei Infektionen mit Mykobakterien auf und befallen vor dabei die Tränendrüse oder andere retrobulbäre Strukturen (Dimitrov et al., 1987, Korbel, 1992a, 2000, 2003, Korbel et al., 1997, Washko et al., 1998, Woerpel und Rosskopf, 1983). Aber auch Infektionen mit *Aspergillus spp.* oder Sekundärinfektionen mit Staphylokokken können nach Verletzung retrobulbäre Granulome zur Folge haben (Williams, 1986). Eine granulomatöse Ophthalmitis wird auch bei einer Infektion mit *Toxoplasma gondii* beschrieben (Lindsay et al., 1995). Retrobulbäre Neoplasien werden eher selten in der Literatur verzeichnet. Beschrieben sind Adenofibrome der Tränen- und Nickhautdrüse, intraokuläre Osteosarkome (Fordham et al., 2010, Miles et al., 2012), retrobulbäre Teratome (Lopez und Murcia, 2008), Medulloepitheliome (Bras et al., 2005), und Lymphome (Gelatt, 2007). Neben einem Exophthalmus können sie auch zu einer Dislokation der Lidspalte mit Augenausfluss führen (Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1992a, 2000, Rupley, 1997, Williams, 1986).

Vorwölbungen des Bulbus bis hin zu einer Proptosis treten bei Verletzungen durch Partnertiere (Bisse) oder durch Anflugtraumen auf (Rupley, 1997). Es kann dabei zu Dislokationen und retrobulbären Hämatomen kommen (Korbel, 1992b, Krautwald et al., 1989). Auch retrobulbäre Fremdkörper, wie zum Beispiel Geschosse, können eine Vorwölbung des Auges verursachen (Seidel, 1988).

### 3.2.2 Enophthalmus

Das Entstehen eines Enophthalmus kann sowohl infektiöse als auch nichtinfektiöse Ursachen haben, welche durch Degenerationen intraokularer Strukturen zu einer Turgorabsenkung und dadurch zu einer Schrumpfung des Bulbus führen (Krautwald et al., 1989, Seidel, 1988). Spätstadien einer Panophthalmitis zum Beispiel nach einer chronischen Infektion mit Salmonellen (Korbel, 1992b, 2000, 2004c) oder Entzündungen (linseninduzierte Uveitis) enden meist in einer Phthisis bulbi. Durch das Auftreten chronischer Sinusitiden wie der *chronischen Sinusitis der Aras* kann es durch die Infektion zu einem Verlust adnexaler Strukturen und zu einem Einsinken des Bulbus kommen (Karpinski und Clubb, 1983).

Anders als beim Säugetier jedoch kann es beim Vogel aufgrund des knöchernen Skleralrings zu keiner vollständigen Schrumpfung des Auges kommen (Korbel, 2001). Eine Phthisis bulbi äußert sich daher nur durch kleine Faltenbildung am unteren Augenlid.

Als Ursache für einen Enophthalmus werden auch Mykobakterieninfektionen beschrieben, da es in Spätstadien zu einer Größenminderung des Bulbus kommt (Peccati et al., 1999).

Zu den nicht infektiösen Ursachen eines Enophthalmus gehört das Einsinken des Auges aufgrund von Futter- und Wassermangel. Jedoch ist dabei nur ein geringes Einsinken des Bulbus zu beobachten, da Vögeln anders als Säugetiere nur einen sehr gering ausgebildeten retrobulbären Fettkörper besitzen. Die häufigste Ursache für einen Enophthalmus stellen daher traumatische Verletzungen dar. Durch Frakturen der Orbita und des Schädels (Biss, Anflugtrauma, Schuss), speziell des Skleralrings verliert das Auge an Stabilität und verlagert sich in die Orbita zurück. Auch Anflugtraumen oder Verletzungen durch Partnertiere können das Auge in die Orbita hineindrücken und so einen zum Teil irreversiblen Enophthalmus provozieren. Auch ein kongenitaler Mikrophthalmus wird in der Literatur beschrieben und kann einen Enophthalmus vortäuschen (Buyukmihci et al., 1988, Korbel, 2001, Krautwald et al., 1989).

## 3.3 Krankheiten der Augenlider und ihrer Umgebung

Die Augenlider sowie die periorbitale Region werden adspektorisch mit Hilfe einer fokalen Lichtquelle begutachtet, wobei besonders auf Veränderungen wie Schwellungen, Federverlust oder Verfärbungen geachtet werden sollte. Zur detaillierten Untersuchung des dritten Augenlids wird ein Lidhaken sowie ein Lokalanästhetikum benötigt (Bohnet, 2007).

### 3.3.1 Augenlider

Erkrankungen der Lider können sowohl die kutane, äußere Haut als auch die Bindehaut betreffen. Veränderungen treten häufig als Begleitsymptom von Allgemeinerkrankungen oder Infektionen der Konjunktiven auf (Seidel, 1988).



Eine Entzündung der Augenlider zeigt sich durch Krustenbildung, muko-purulentes Exsudat und Erythemen und kann sowohl infektiösen als auch nicht infektiösen Hintergrunds sein (Rupley, 1997). Durch die Produktion von entzündlichen Sekreten kann es zu Verwachsungen (Symblepharon) der Lid- und der Skleralbindehaut kommen (Korbel, 2001).

Bei den infektiösen Ursachen sind zunächst Blepharitiden aufgrund bakterieller Infektionen zu nennen. Chlamydien greifen nur in seltenen Fällen auf die Augenlider über. In der Literatur wurde von einigen wenigen akuten Infektionen mit stark virulenten Stämmen berichtet, wobei es auch zum periorbitalen Verlust von Federn gekommen ist (Gelatt, 2007, Korbel, 2004b).

Bei einer Infektion mit Mykoplasmen kommt es zu der Entstehung eines Hydroblepharons durch subkutane Ansammlung von dickflüssigen bis käsigen Material. Unzureichend therapierte Entzündungen können ein Symblepharon zur Folge haben (Washko et al., 1998). Bei hochgradigen Erkrankungen kann mehr oder weniger der ganze Kopf betroffen sein (Davidson et al., 1982, Nunoya et al., 1995).

Auch Mykobakterien können zu Anschwellungen und Entzündungen der Augenlider führen (Blepharitis crustosa) (Korbel et al., 1997). Die Anfärbung von Gewebeproben zeigt zum Teil einen hochgradigen Befall mit säurefesten Stäbchen (Forster und Gerlach, 1987, Korbel, 2000).

Staphylokokken, *Pasteurella multocida* und *Escherichia coli* können ebenfalls Blepharitiden verursachen. In den meisten Fällen gehen kleine Hautverletzungen voraus, die sich zu eitrigen Dermatiden entwickeln können (Cheville et al., 1988, Gustafson et al., 1998, Nakamura und Abe, 1987, Olson, 1981, Willis und Wilkie, 1999).

Zu den häufigsten Virusinfektionen am Auge zählen Avipoxviren, die eine ausgeprägte Artspezifität aufweisen (Amazonen-, Agaporniden, Kanarienvögel uvm.) (Korbel, 2000, Seidel, 1988). Hauptmerkmal der Infektion sind Läsionen und Ulzerationen an unbefiederten Stellen wie den Nasenöffnungen und den Augenlidern (Kato H et al., 2010, Krautwald et al., 1989, Lierz et al., 1999). Betroffene Hautstellen schwellen durch Ansammlung von käsigem Material an und es kommt nicht selten zu Entzündungen. Die Austrocknung der Haut führt anschließend zum typischen Bild mit Schuppen- und Krustenbildungen (Blepharitis crustosa et diffusa) bis hin zu knötchenförmigen Veränderungen (Gelatt, 2007, Giddens et al., 1971, Graham, 1978, Jakoby et al., 1990, Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1991, Lierz et al., 1999, Rupley, 1997, Tarello, 2004, Williams, 1986, Willis und Wilkie, 1999). Durch sero-muköse und purulente Sekrete kann es zu der Ausbildung von Verwachsungen der Lider (Symblepharon) (Korbel, 1991) mit dem Verlust von Wimpernfedern kommen (Jakoby et al., 1990, Kato H et al., 2010). Nicht selten werden nach überstandener Infektion Lidranddeformationen beobachtet (Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1994b, 2000).

Paramyxoviren verursachen Ödeme der Lider sowie des gesamten Kopfes. Bei Tauben kann es auch nur zu einseitigen Lidödemen kommen.

Eine weitere Viruserkrankung ist die durch *Papova- und Herpesviren* verursachte Papillomatose. Speziell Graupapageien, aber auch andere Psittaziden, Finken- und Kanarienvögel zeigen trockene, warzenähnliche Epithelproliferationen am Kopf und an den Lidern (Korbel, 1994b, Krautwald et al., 1989, Styles et al., 2005, Tachezy et al., 2002). Diese können sich auch auf andere federlose Stellen des Körpers wie den Ständern ausbreiten (Kato H et al., 2010, Williams, 1986) und werden sogar

an den Schleimhäuten des Schnabels beschrieben (Dom et al., 1993, Korbel, 1992a, Styles et al., 2005, Tachezy et al., 2002, Willis und Wilkie, 1999). In einigen Fällen werden Herpesviren als Ursache für hyperämische, geschwollene Augenlider mit entzündlichen, krüstösen Lidrändern beschrieben (Paulman et al., 2006).

Mykotische Infektionen mit *Candida albicans* können zu einer weißlichen Verdickung der Lidränder und zu einer Blepharitis führen (Korbel, 2000, Quist et al., 2011). Dermatomyosen durch *Aspergillus* spp. werden bei Psittaziden selten gesehen und setzen in der Regel ein geschwächtes Immunsystem voraus. Beobachtet werden dabei ein Hydroblepharon, das sich in chronischen Fällen zu einer Blepharitis crustosa entwickeln kann (Abrams et al., 2002, Korbel, 1992b, 2000).

Wildfänge oder Papageien in Außenvoliere sind gelegentlich von Zecken (*Argasidae*, *Ixodidae*) befallen. Diese setzen sich im Schnabelwinkel oder an den Rändern der Augenlider fest (Korbel, 1991). Dort verursachen sie bei massiven Befall Entzündungsreaktionen der Haut bis hin zu hämorrhagischen Ödemen (Korbel, 1991). Bei sehr hohem Befall kann es sogar zu Verklebungen und Verwachsungen der Lidränder und dadurch zur Ausbildung eines Symblepharons kommen (Korbel, 1994b).

Häufig beobachtete Ektoparasiten bei Ziervögeln sind Hautmilben, speziell *Knemidocoptes pilae* (Korbel, 1994b, Krautwald et al., 1989). *Knemidocoptes pilae* verursacht grauweiße, borkige Auflagerungen (Seidel, 1988), die sogenannte Schnabelräude, die ausgehend vom Schnabelwinkel die Wachshaut, das Schnabelhorn und auch die Augenlider befallen kann (Gelatt, 2007). Durch ihre Grabetätigkeiten im epithelialen Gewebe und die dadurch entstehenden Läsionen verursacht die Milbe eine Hyperkeratose mit typischen schwammartigen Strukturen (Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1994b). Der starke Juckreiz der Tiere führt zu Selbsttraumata mit zum Teil starken Blutungen (Williams, 2012). In seltenen Fällen kommt es dabei zu Verwachsungen der Augenlider (Seidel, 1988, Williams, 1986).

Zu den nicht infektiösen Lidveränderungen gehören Traumata: Anflugtraumen und Verletzungen durch Partnertiere stellen die häufigsten Ursachen für Liderverletzungen dar. Beobachtet werden dabei oberflächliche Hautverletzungen mit Krustenbildung und Federverlust, bis hin zu tieferen Wunden, die sich durch Eindringen von Sekundärerregern entzünden können. Zu nennen ist *Pseudomonas aeruginosa*, dessen infizierte Hautstellen ödematös und nekrotisch werden können. Staphylokokken (*S.aureus*, *S.hyicus*), Streptokokken und *E.coli* verursachen ebenfalls ulzerative Dermatitis (Cheville et al., 1988, Seidel, 1988). Durch fehlerhaftes Zusammenwachsen von Risswunden kommt es nicht selten zu Liddeformationen und zu Verwachsungen. Je nach Ausmaß können sie nachfolgend zu Erkrankungen der Hornhaut oder des Tränenapparats führen (Buyukmihci et al., 1988, Gelatt, 2007).

Der Verlust der sympathischen Innervation des Auges kann auch beim Vogel zum Auftreten des Horner-Syndroms führen. Beim Vogelpatienten äußert sich das Horner-Syndrom durch Ptosis des oberen Augenlids und eventuellem Aufstellen der Federn der betroffenen Kopfhälfte. Ursache für das Auftreten sind vor allem Traumata wie das Anfliegen von Hindernissen und Verkehrsunfälle (Gancz et al., 2006).

Ein Mangel an Panthoensäure kann Ursache für das Entstehen einer Blepharitis crustosa sein. Die Krusten können sich bis auf die periorbitale Region und sogar auf die Konjunktiven ausdehnen (Korbel, 1994b, 2000).

Ein schlechtes Allgemeinbefinden oder schmerzhaft Prozesse am Auge können einen Vorfall der Membrana nictitans oder ein vollständiges Schließen der Augenlider bewirken (Davidson et al., 1982). Der Verschluss in Form eines Symblepharons oder Ankyloblepharons ist meist die Spätfolge einer vorausgegangenen Blepharitis (Rupley, 1997).

Bei der *Keratitis der Amazonen* und anderen schmerzhaften Prozessen am Auge, wie zum Beispiel einer hochgradige Konjunktivitis oder traumatischen Verletzungen, reagieren die Tiere meist mit einem Blepharospasmus oder einem vollständigen Schluss der Augen (Gelatt, 2007).

Das genetisch bedingte Fehlen der Lidspalte (Atresia palpebrae, Cryptophthalmus) kann ebenfalls das vollständige oder partielle Öffnen der Augen verhindern (Willis und Wilkie, 1999).

### **3.3.2 Nickhaut**

Der Vorfall der Nickhaut über die Kornea kann sowohl physiologisch als auch pathologisch sein. Bei der ophthalmologischen Untersuchung darf der physiologische Vorfall der gefäßreichen Nickhaut daher nicht mit einer kornealen Neovaskularisation verwechselt werden (Korbel, 1991). Ein pathologischer Vorfall der Nickhaut wird durch Intoxikationen mit *Clostridium botulinum* erreicht. Das Toxin bewirkt eine Hemmung der Acetylcholinausschüttung und führt dadurch zu einer Lähmung der Muskulatur. Je nach Schweregrad kann dabei auch die Nickhautmuskulatur betroffen sein (Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989).

Ein unspezifisches Vorfallen der Nickhaut wird durch eine Volumenzunahme des Bulbus oder durch einen Exophthalmus infolge eines retrobulbären Prozesses erreicht. Des Weiteren werden Fremdkörper wie Grassamen hinter der Nickhaut beobachtet (Gelatt, 2007, Kern et al., 1996, Korbel, 2006).

In der Literatur werden Neoplasien der Nickhaut beschrieben. Zu nennen sind hier Chondrosarkome, myoide Cystadenome und maligne Lymphome (Kern et al., 1996).

Knötchenartige Veränderungen auf der Nickhaut werden bei einer Infektion mit Mykobakterien beobachtet (Kern et al., 1996, Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989).

Schwellungen und Irritationen der Nickhaut werden auch durch das Vorkommen von Parasiten hinter dem dritten Augenlid wie *Ceratomyxa* spp. und *Oxyuris* spp. hervorgerufen (Brandes und van der Wall, 1980, Gelatt, 2007, Murata und Asakawa, 1999, Willis und Wilkie, 1999).

Mykotische Infektionen mit *Candida albicans* können zu einer weißlichen Verdickung der Nickhaut mit kleinen Verletzungen und plaqueähnlichen Auflagerungen führen. Die Oberfläche ist unregelmäßig und mit kleinen Granulaten versehen (Crispin und Barnett, 1978, Korbel, 2000).

### 3.3.3 Augenumgebung

Erkrankungen der Augenumgebung können infektiöser, traumatischer oder neoplastischer Natur sein. Neben einer adspektorischen und digitalen Untersuchung, müssen daher meist weitere diagnostische Maßnahmen wie Röntgenuntersuchungen, Biopsien und mikrobiologische Untersuchungen für eine genaue Diagnosestellung vorgenommen werden (Bohnet, 2007, Korbel, 1994b).

Die Ausbildung eines Abszesses geht meist auf traumatische Verletzungen oder chronische obere Atemwegsinfektionen und das Vorhandensein von Eitererregern wie Staphylococcen, Enterobacteriaceen oder Pasteurellen zurück. Ein häufiges Auftreten wird bei Nymphensittichen beschrieben sowohl mit supra- als auch infraorbitaler Manifestation mit derb-käsigen Inhalt (Cheville et al., 1988, Gelatt, 2007, Karpinski und Clubb, 1983, Olson, 1981, Willis und Wilkie, 1999).

Hautknoten mit warzenartigem Wachstum in der periorbital Region und um den Schnabel können Folge einer Infektion mit Avipoxviren sein (Tarello, 2004).

Auch das Auftreten eines Xanthoms bei einem Ara wurde in der Literatur verzeichnet (Korbel, 2006, Souza et al., 2008).

Katzen- oder Hundebiss führen durch das Vorhandensein von *Pasteurella multocida* in der Maulschleimhaut nicht selten zu Phlegmonen bei Ziervögeln und stellen eine absolute Notsituation dar. Die durch die Pasteurellen ausgeschütteten Endotoxine bewirken dabei eine vermehrte Wärmebildung mit Schwellung der periorbitalen Region. Die Ausbildung von Granulomen basiert auf einer Infektion mit Mykobakterien (Forster und Gerlach, 1987, Lennox, 2007, Sanford et al., 1994). Auch die Ausbildung von subkutanen Emphysemen kann Folge einer Infektion nach Einwirken eines Traumas sein (Krautwald et al., 1989).

Periorbitale Ödeme sind häufige Begleiterscheinungen vieler Infektionserkrankungen: Bei der *Konjunktivitis der Agaporniden* werden Ödeme mit gleichzeitiger Hyperämie als Ursache für die beobachtete Anschwellung des Auges beschrieben (Karpinski und Clubb, 1983, Williams, 1986). Der bei einer Mykoplasmeninfektion auftretende „Eulenkopf“ ist ein hochgradiges Ödem, das sich auf den ganzen Kopf erstrecken kann (Korbel, 2000, Nunoya et al., 1995). Ähnliche Ödembildungen werden auch bei Infektionen mit Chlamydien, Herpes-, Orthomyxo- und Paramyxoviren beobachtet (Alexander und Allan, 1974, Chaves et al., 2011, Korbel, 2004b, Krautwald et al., 1989, Nakamura et al., 2004, Nili et al., 2006, Richter et al., 1983).

Periorbitale neoplastische Veränderungen der Lider und ihrer Umgebung treten gelegentlich bei Psittaziden auf und führen zu massiven Schwellungen und Auswüchsen. Je nach Lage und Größe können sie die Funktion des Auges einschränken oder sogar vollständig behindern. In der Literatur werden Fibrome, Plattenepithelkarzinome, Papillome, Osteome (Marson et al., 2010), Osteosarkome und Trichoepitheliome beschrieben (Guddorf et al., 2010, Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1991, Marson et al., 2010, Miles et al., 2012, Styles et al., 2005, Williams, 1986).

Periorbitale Erytheme und Hämorrhagien können traumatischer oder idiopathischer Herkunft sein. In der Literatur wird der Fall eines Graupapageis beschrieben, der aufgrund einer hohen künstlichen UV-Bestrahlung an einer Photodermatitis mit periorbitaler Rötungen erkrankte (Wade und Baines, 2008).

### 3.4 Krankheiten des Tränenapparats

Erkrankungen des Tränendrüsenapparates können sowohl infektiöser, haltungsbedingter als auch neoplastischer Natur sein. Die dorso-temporal des Auges befindliche Tränendrüse und die etwas medial gelegene Hardersche Drüse sollten sowohl adspektorisch als auch digital untersucht werden. Dabei sollte auf sero-mukösen oder purulenten Augen- und Nasenausfluss geachtet werden (Bohnet, 2007). Zur genaueren Bestimmung der Quantität der Tränenproduktion sollte der Schirmertränentest herangezogen werden. Die Durchgängigkeit der abführenden Tränengänge kann mittels Fluoreszinprobe getestet werden (Krautwald et al., 1989).

Sowohl die Tränendrüse, als auch die Hardersche Drüse können sich in Form einer Dakryoadenitis entzünden. Dabei wird zwischen einer akuten, schmerzhaften Dakryoadenitis und einer chronischen, granulomatösen Form unterschieden. Die akute Form wird meist durch das (traumatische) Eindringen von Eitererregern wie Staphylokokken, Enterobacteriaceen oder Pasteurellen verursacht (Seidel, 1988, Songserm et al., 2003). Es kann dabei sogar zu der Entstehung eines Tränendrüsenabszesses kommen (Rupley, 1997, Williams, 1986). Dieser stellt sich häufig als weiche, bewegliche Schwellung dar und führt zu Epiphora und in einigen Fällen zu einer Verformung der Augenlider (Gelatt, 2007). Bei der chronischen Form handelt es sich um Granulombildungen in der Tränendrüse, die beim Vogel in der Regel mit einer Mykobakterieninfektion in Verbindung gebracht werden (Dimitrov et al., 1987, Dornblüth, 2007, Korbel, 1992b, 2006, Washko et al., 1998). Ein Mangel an Vitamin A führt zu einer Hyperplasie der Tränendrüse (Korbel, 1991, 2006, Rupley, 1997) und äußert sich durch eine symmetrische supraorbitale Schwellung. Diese ist zunächst weich, elastisch, dann derb und verursacht in schweren Fällen eine Formveränderung der Lidränder. Auch das epitheliale Wachstum wird beeinflusst und führt zu Veränderungen der Haut, der Federn und der mukösen Schleimhäute (Cortes et al., 2006). Dabei kann es zu Verlegungen der abführenden Tränengänge kommen. Der übertretende Augenausfluss verursacht dabei Verklebung der umliegenden Federn (Korbel, 2000, Williams, 1986, Williams, 2012). Weitere Symptome einer Hypovitaminose sind seröser Nasenausfluss, trockene Krusten, plaquartige Auflagerungen im Schnabel und hyperkeratorischer Verschluss der Nasenlöcher (Cortes et al., 2006, Korbel, 2004c). Vom Vitamin A Mangel sind vor allem Papageien betroffen, die ausschließlich Körnerfutter erhalten (Cortes et al., 2006, Rupley, 1997).

Eine Größenzunahme der Tränendrüse kann auch infolge neoplastischer Veränderungen auftreten. In der Literatur werden Adenome der Tränendrüse beschrieben (Simova-Curd et al., 2009).

Verlegungen der Tränen- oder der Nickhautdrüse sowie ihrer abführenden Gänge können die Ausbildung von Zysten hervorrufen. Sie zeichnen sich durch langsames Wachstum aus, wobei es jedoch zu Irritationen und Entzündungen des äußeren Auges kommen kann (Stiles und Greenacre, 2001). Auch Fremdkörper wie Grassamen können zu Verlegungen und Irritationen führen (Gelatt, 2007). In der Literatur werden auch Parasiten wie *Thelazia spp.* beschrieben, die sich in den Tränengängen und in der Tränendrüse festsetzen (Murata und Asakawa, 1999). Beobachtet werden auch Abszesse des Tränensacks. Sie stellen sich als eine antero-ventrale Schwellung des medialen Kanthus dar. Zum Teil kann käsig eitriges Material über die Tränenpunkte dargestellt werden (Karpinski und Clubb, 1983, Williams, 1986).

### 3.5 Krankheiten der Nasennebenhöhlen

Erkrankungen der Nasennebenhöhlen sind in erster Linie infektiöser Natur. Sinusitiden treten sowohl uni- als auch bilateral auf und äußern sich durch die Bildung von serösen und muko-purulenten Sekreten, die zu fluktuierenden Schwellungen und Auftreibungen führen können. Bei der Adspektion des Patienten sollte daher nach Hinweisen wie periokulären Schwellungen und Nasenausfluss untersucht werden (Bohnet, 2007).

Aufgrund ihrer Nähe zum Bulbus können Sinusitiden in schweren Fällen auch zu Mitleidenschaften des Auges führen (Williams, 1986, Williams, 2012). Bei raumfordernden Prozessen kann ein Exophthalmus, bei Einschmelzungen des Sinus nach chronischen Entzündungen ein Enophthalmus herbeigeführt werden (Williams, 2012).

Rhinitis ist ein klassisches Symptom einer Infektion mit *Chlamydomphila psittacii*. Neben dem serösen Nasenausfluss kann sich aus der Infektion auch eine Sinusitis entwickeln. Diese ist häufig unilateral, kann aber auch in einigen Fällen bilateral auftreten (Dorrestein, 1989, Korbelt, 2004b).

Eine Infektion mit Mykoplasmen verläuft meist chronisch und kann ebenfalls uni- oder bilateral auftreten (Forrester et al., 2011, Korbelt, 1992b). Von manchen Autoren wird die Infektion auch als „one-eyed cold“ bezeichnet (Keymer et al., 1984). Im Vordergrund der Erkrankung steht eine Sinusitis infraorbitalis (Davidson et al., 1982, Korbelt, 2000, Ley et al., 1996), die durch Bildung von dickflüssigen bis käsigen Exsudat zum Anschwellen der Gesichtshaut und der Augenlider führt (Frasca et al., 1997, Jordan, 1975, Korbelt, 1992b, Nunoya et al., 1995). Die dadurch hervorgerufene periorbitale Ödembildung wird auch als „Eulenkopf“ bezeichnet (Forrester et al., 2011, Korbelt, 1992b, Nunoya et al., 1995, Rolle und Mayr, 2007).

Bei einer Infektion mit *Pasteurella multocida* verursachen Endotoxine eine uni- bzw. bilateralen Sinusitis purulenta, die sich auf den gesamten Kopf erstrecken kann (Chin und Goshgarian, 2001, Songserm et al., 2003). Die Sinusitis zeigt sich durch starkes Anschwellen des Sinus infraorbitalis und einer vermehrten Schleimbildung in der Nasen- und Schnabelhöhle (Gustafson et al., 1998, Kaleta und Krautwald-Junghanns, 1999, Lin et al., 2001). Häufig tritt eine solche Infektion mit Sekundärerregern wie *Escherichia coli* auf (Chin und Goshgarian, 2001, Songserm et al., 2003).

Pseudomonaden und auch Staphylococcen, vor allem *Staphylococcus aureus*, sind ebenfalls Verursacher eitriger Sinusitiden, deren Sekretansammlungen ein Anschwellen der infraorbitalen Region hervorrufen (Korbelt, 1991).

Als Pacheco'sche Krankheit wird bei Psittaziden eine Infektion mit Herpesviren bezeichnet (Gilardi et al., 1995) mit unterschiedlich stark ausgeprägten Sinusitiden (Korbelt, 1994b, Paulman et al., 2006, Rupley, 1997). Zum Teil lässt sich in den Sinus weiß-käsiges Exsudat finden (Korbelt, 1992a, Paulman et al., 2006).

Bei der aviären Influenza zeigen mit Orthomyxovirus infizierte Tiere eine beidseitige Sinusitis infraorbitalis mit wässrigen bis muko-purulenten Nasenausfluss (Korbelt, 1994b, 2000, Seidel, 1988). Betroffen sind vor allem Wachteln, Hühner und Wassergeflügel, aber auch bei Psittaziden werden einige seltene Infektionen mit Influenzaviren beschrieben (Chaves et al., 2011, Hawkins et al., 2006, Kaleta et al., 2007, Nili et al., 2006).

Sinusitiden können auch durch mykotische Infektionen wie durch *Candida albicans* verursacht werden. Neben ihrer typischen Lokalisation im Respirations- und Digestionstrakt können sie sich auch in den Kopfsinus ablagern (Seidel, 1988).

Cryptosporidien können neben respiratorischen Symptomen wie einer Rhinitis, Dyspnoe, Husten und Niesen auch zu einer Sinusitis führen (Lindsay et al., 1987, Rupley, 1997).

Eine bisher noch nicht geklärte Krankheitsursache ist die Sinusitis der Aras, auch „*Sunken Eyes and Sinuses in Macaws*“ genannt. Bei erkrankten Tieren kommt es zur Ansammlung von mukoiden bis muko-purulenten Material in den Sinus und dem periorbitalen Gewebe (Karpinski und Clubb, 1983, Korbel, 1992b, Seidel, 1988). In schweren Fällen schmilzt dabei das Gewebe ein, so dass es zur Rückverlagerung der Augäpfel in die Orbita kommt (Karpinski und Clubb, 1983, Mason, 1986).

Zu den Erkrankungen der Nasennebenhöhlen zählen auch infraorbitale und paranasale Sinuszysten. In der Literatur werden sie als langsam wachsende, fluktuierende Schwellungen beschrieben, die aufgrund perforierender Verletzungen des Sinus mit unvollständiger Abheilung chronischer Sinusitiden, Polypen oder Knochentumoren entstehen (Marson et al., 2010, Stiles und Greenacre, 2001).

### **3.6 Krankheiten der Konjunktiven**

Bei der ophthalmologischen Untersuchung der Bindehäute ist besonders auf die Anzeichen einer Konjunktivitis zu achten. Diese sind Hyperämie (Rötung), Chemosis (Schwellung), Epiphora (vermehrter Tränenfluss) und Blepharospasmus (Zusammenkneifen der Lider). Veränderungen wie vermehrter, lang andauernder Tränenfluss, zeigen sich durch verklebte Wimpernfedern, Sekretinnen oder Verlust der Kopffedern (Bohnet, 2007, Rupley, 1997).

#### **3.6.1 Konjunktivitis**

Konjunktividen treten häufig im Zusammenhang mit respiratorischen Erkrankungen auf (Rupley, 1997). Sie können aber auch Folge eines Traumas, einer isolierten bakteriellen Infektion oder einer aufsteigenden infektiösen Erkrankung des periorbitalen Raums wie einer Sinusitis sein. Anders als beim Säugetier kann es sich bei einer Konjunktivitis aber auch um ein Initial- oder Begleitsymptom einer systemischen Organ- und Infektionserkrankungen handeln (Korbel, 1994b).

Zu den bakteriellen Erregern zählen vor allem Chlamydien, speziell *Chlamydophila psittacii* (Korbel, 2004b). Bei Papageien und Sittichen, aber auch bei Enten und Tauben ist das einseitige Auftreten von seröser Tränenflüssigkeit häufig das einzige Symptom für eine Infektion (Dorrestein, 1989, Korbel, 1992b, 2000, 2004b). Sero-muköse Sekretinne am nasalen Kanthus der Augen führt zu Verklebungen der Federn und Nasenlöcher (Korbel, 1992b, 1994b). Die Infektion zeigt sich zu dem durch eine starke Conjunctivitis erythematosa et catharralis (Korbel und Schaffer, 1991). Begleitend erfolgt ein Anschwellen (Chemosis conjunctivae) der Schleimhäute und in wenigen Fällen eine

epitheliale Hyperplasie der Konjunktiven (Gelatt, 2007). In manchen Fällen treten die Entzündungssymptome aber auch nur diskret in Erscheinung (Korbel, 1992b, 2004b, Meyer und Eddie, 1934).

Bei einer Infektion mit Mykobakterien spielen die Konjunktiven eine große Rolle als Eintrittspforten der Erreger in den Körper (Korbel, 2000). Die Veränderungen am Auge beruhen zum Großteil auf den regionalen Granulombildungen, die alle Strukturen des äußeren Auges betreffen können (Washko et al., 1998). Das Auge wirkt dabei geschwollen und reagiert mit klassischen Entzündungssymptomen wie vermehrten serösen Tränenfluss und Rötungen (Kaleta und Krautwald-Junghanns, 1999, Korbel, 1992b, 2003, Korbel et al., 1997, Pocknell et al., 1996). Es kommt zur massiven Hyperämie mit konjunktivaler Gefäßinjektion (Korbel et al., 1997). Die Mykobakterieninfektion kann sich an den Bindehäuten als Konjunktivitis follicularis oder granulomatosa darstellen (Korbel, 2006, Korbel et al., 1997, Pocknell et al., 1996, Washko et al., 1998). Die multiplen, grießkornartigen, weichen subepithelialen Konglomeraten (Korbel, 1992b, 2003, Peccati et al., 1999) sind von käsig-nekrotischen Inhalt mit einem Ring aus Makrophagen, Riesenzellen und Plasmazellen (Butcher et al., 1990, Kaleta und Krautwald-Junghanns, 1999, Korbel, 1992b, 1994b, Korbel et al., 1997, Panigrahy et al., 1983, Pocknell et al., 1996, Ramis et al., 1996, Sykes, 1982). Sehr selten ist dieser Inhalt beim Vogel mineralisiert (Pocknell et al., 1996).

Bei einer Infektion mit Mykoplasmen sind purulente Entzündungen der Konjunktiven mit verstärkter Gefäßzeichnung und Hämorrhagien zu beobachten (Conjunctivitis erythematosa) (Murakami et al., 2002), die sich bis auf die Kornea und Sklera erstrecken können (Forrester et al., 2011, Frasca et al., 1997, Huchzermeyer, 1973, Murakami et al., 2002, Nunoya et al., 1995). Häufig sind beide Augen betroffen, wobei auch nur einseitig Symptome auftreten können (Davidson et al., 1982, Korbel, 1992b, Ley et al., 1996, Murakami et al., 2002, Nunoya et al., 1995). Durch verstärkten Tränenfluss, der im Frühstadium serös und später mukös sein kann (Murakami et al., 2002), kommt es zu Verklebungen und Entzündungen der Augenlider und zur Entstehung eines Symblepharons oder Ankyloblepharons (Frasca et al., 1997, Keymer et al., 1984, Korbel, 1992b, 2000, Nunoya et al., 1995).

Die Symptome chronischer Salmonelleninfektionen können ein- als auch beidseitig sein. Beobachtet werden Konjunktividen mit starker Zellinfiltration, Vaskularisation und serösem Augenausfluss (Korbel, 1992b, 2000, Seidel, 1988, Silva et al., 1980).

Konjunktividen durch Infektionen mit Staphylokokken, vor allem durch *Staphylococcus aureus* entstehen als Folge von kleinen Verletzungen oder Rissen in den Bindehäuten. Diese können sich ohne Therapie zu großflächigen Veränderungen mit Rötungen und Ödembildungen entwickeln und sich sogar in Form einer Keratokonjunktivitis auf die Kornea ausbreiten. Verkäsende Entzündungsprodukte sind dabei in den Konjunktiven und unter der Nickhaut zu finden (Cheville et al., 1988, Korbel, 1992b, Willis und Wilkie, 1999).

Infektionen mit Pasteurellen können zu eitrigen Konjunktividen (Conjunctivitis purulenta) führen (Gustafson et al., 1998, Olson, 1981). Pseudomonaden verursachen eine Conjunctivitis haemorrhagica mit starker Ödembildung (Korbel, 2000).

Neben den genannten Erregern gibt es noch eine Reihe von bakteriellen Sekundärinfektionen, die die Symptome einer Konjunktivitis verschlimmern und eine Photophobie auslösen können (Korbel,



1992b). Zu nennen sind dabei Streptokokken, Klebsiellen, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Aeromonas hydrophila*, Proteus, Hämophilus und *Escherichia coli* (Cheville et al., 1988, Devriese et al., 1988, Korbel, 2000, 2006).

Bei den viralen Erregern sind zunächst Avipoxviren zu nennen. Es gibt viele verschiedene Arten von Avipoxviren (*Poxvirus avium*), die sich unterschiedlich manifestieren. Am häufigsten treten bei in Gefangenschaft gehaltenen Psittaziden Kanarienvpocken auf (Williams, 2012). Neben Hautläsionen (Jakoby, Korbel, 1990) zeigen betroffene Papageien serösen Augenausfluss (Katoh H et al., 2010, Tarello, 2004), der durch bakterielle Sekundärinfektionen auch mukopurulent werden kann (Graham, 1978, Katoh H et al., 2010, Willis und Wilkie, 1999). In schlimmen Fällen können die Sekrete zu Verklebungen der Augenlider führen (Graham, 1978, Karpinski und Clubb, 1983, Pees et al., 2004, Tarello, 2004). Die Konjunktiven reagieren auf eine Infektion mit Avipoxviren mit mittel- bis hochgradigen Entzündungssymptomen, so dass es zu der Entwicklung einer Conjunctivitis purulenta kommen kann (Jakoby et al., 1990, Katoh H et al., 2010, Korbel, 2000). Die Augen wirken dabei stark geschwollen und sind meist geschlossen (Graham, 1978, Lierz et al., 1999).

Die ersten beschriebenen Infektionen mit Paramyxoviren (PMV1) bei Psittaziden traten 1987 auf (Jung et al., 2009, Mustafa-Babjee et al., 1974, Schneegans und Korbel, 1988). Paramyxovirus Typ 2 verursacht bilaterale Konjunktividen mit serösen Augen- und Nasenausfluss (Korbel, 2006, Seidel, 1988) und geringgradigen bis mittelgradigen Entzündungssymptomen (Rupley, 1997) wie Ödembildungen, Hämorrhagien und seröse Sekretion (Korbel, 2000, Nakamura et al., 2004, Seidel, 1988, Simpson und Hanley, 1977).

Herpesviren führen zu einer Conjunctivitis follicularis mit beidseitigen sero-hämorrhagischen Tränenfluss (Korbel, 1992b, Mueller, 1990, Paulman et al., 2006). In den Konjunktiven sind Einschlusskörperchen zu finden sowie intra- und intercelluläre Ödeme und intraepitheliale Nekroseherde (Gilardi et al., 1995, Hirai et al., 1978, Mueller, 1990, Rupley, 1997).

Orthomyxoviren können in seltenen Fällen neben Wassergeflügel auch Sittiche, Amazonen, Kakadus, Graupapageien und Wellensittiche befallen (Kaleta et al., 2007, Kaleta und Hönicke, 2005, Karpinski und Clubb, 1983). Es werden schwere Krankheitsverläufe und Todesfälle verzeichnet, die vor allem den Respirationstrakt betreffen und nervale Symptome hervorrufen (Kaleta et al., 2007). Auffällig ist seröser Augen- und Nasenausfluss (Korbel, 1992b, Nili et al., 2006). Orthomyxoviren verursachen zu dem eine Conjunctivitis follicularis, die ein oder beide Augen betreffen kann (Korbel, 2000, Mueller, 1990, Nili et al., 2006, Paulman et al., 2006). Die entzündlichen, nodulären Reaktionen bei Orthomyxoviren können zum Teil nekrotisch werden (Karpinski und Clubb, 1983, Seidel, 1988). Konjunktividen werden auch bei Infektionen mit Adeno- und Reoviren beobachtet (Jacobson et al., 1989, Mason, 1986, van den Brand et al., 2007, Wellehan et al., 2009).

Von den Pilzinfektionen verursachen Candida-, Aspergillus-, und Kryptokokkusarten meist milde, zum Teil noduläre Konjunktividen (Conjunctivitis granulomatosa) (Korbel, 2006). Die meist im Zusammenhang mit systemischen Infektionen auftretenden Candidainfektionen zeigen sich durch weißliche, käsige Effloreszenzen, die sich bis auf die Nickhaut und Kornea erstrecken können (Crispin und Barnett, 1978, Kern et al., 1996, Seidel, 1988). Bei mit Candida infizierten

Graupapageien werden kontaktslinsenartige Konglomerate beobachtet, die jedoch ohne Substanzverlust entfernt werden können (Korbel, 2000).

Zu den parasitären Infektionen gehören *Oxyspirura mansoni* und *Thelazia spp.* (Murata und Asakawa, 1999, Richter und Barutzki, 1990, Rupley, 1997). Die Konjunktivalschleimhäute reagieren auf das Vorkommen der Parasiten mit milden Entzündungssymptomen und Schwellungen (Seidel, 1988). *Oxyspirura mansoni* verursacht vermehrten Tränenfluss und Reizungen der Konjunktiven (Brandes und van der Wall, 1980, Seidel, 1988). Betroffen sind dabei Tiere mit Kontakt zu Küchenschaben und Kakerlaken, die als Zwischenwirte der Parasiten dienen. Nach oraler Aufnahme wandern die Würmer vom Kropf über den Tränennasengang in den unteren Konjunktivalsack. Die Wanderung der Parasiten führt zu Reizungen und es kommt zu Fremdkörperverhalten und zur Auslösung von Tränenfluss (Brandes und van der Wall, 1980, Schwabe, 1950). Plasmodien infizieren über Mücken (Culex-, Aedes- und Anopheles- Arten) vor allem Kanarienvögel. Sichtbar wird die Infektion durch Anschwellen der Konjunktivalschleimhäute (Seidel, 1988). Auch Kryptosporidien und *Toxoplasma gondii* können Ursache einer Konjunktivitis mit Augenausfluss sein (Lindsay et al., 1987, Mason, 1986, Rupley, 1997, Williams et al., 2001).

Bei den nicht infektiösen Ursachen sind vor allem Traumata zu nennen. Durch Anflugtraumen kann es zu Verletzungen oder Blutungen der Bindehäute kommen. Hochgradige Konjunktividen können auch durch Fremdkörperreize entstehen wie das Vorkommen von Grassamen hinter der Nickhaut oder in den Konjunktivalsäcken. Diese können hochgradigen Juckreiz und Schmerz auslösen und zu starken Rötungen und Schwellungen führen. Die normale Abwehrreaktion des Auges besteht in vermehrtem Tränenfluss, der über die Tränenpunkte und am nasalen Augenwinkel abfließt (Williams et al., 2006).

Auch an den Bindehäuten werden in Einzelfällen Neoplasien beschrieben. Zu nennen sind Hämangiome, Papillome, Fibrosarkome und Plattenepithelkarzinome (Korbel und Schaffer, 1991).

Eine Mangelversorgung mit Vitamin A kann durch Epithelschäden und Verdickungen der Schleimhaut zu Konjunktividen und Ödemen führen (Cortes et al., 2006, Seidel, 1988). Eine Unterversorgung führt zu einer squamösen Metaplasie der mukösen Schleimhäute (Rupley, 1997, Williams, 1986) und zu einem verstärkten Tränenfluss (Cortes et al., 2006, Korbel, 2006).

Haltungsfehler wie der Kontakt mit Rauch, Reinigungs- oder Desinfektionsmitteln können Entzündungsreaktionen der Bindehäute provozieren (Korbel, 2006, Krautwald et al., 1989).

Bei manchen Psittazidenarten treten Erkrankungen der Konjunktiven mit unbekannter Genese auf. Bei der *Keratitis der Mynas* kommt es durch starke Hyperämie zu einer Conjunctivitis erythematosa. Vor allem die Bindehaut unterhalb des unteren Augenlids ist besonders betroffen, stark verdickt und von Entzündungszellen infiltriert (Gelatt, 2007). Die Krankheit kann sich zum Teil zu einer chronischen Keratoconjunctivitis mit konjunktivalen Gewebsbläschen entwickeln (Karpinski und Clubb, 1983, Rupley, 1997).

Bei der *Konjunktivitis der Agaporniden* tritt eine starke Conjunctivitis erythematosa mit starken Schleimhautschwellungen auf (Rupley, 1997). Der dabei vermehrt auftretende Augenausfluss wird

nicht selten durch das Auftreten von Sekundärerregern purulent (Karpinski und Clubb, 1983, Rupley, 1997, Williams, 1986).

Die *Konjunktivitis der Nymphensittiche* zeichnet sich durch eine ein- oder beidseitige Konjunktivitis mit starker Chemosis und Gefäßzeichnung aus. Diese Schleimhautschwellungen können ein Hervortreten der Lidbindehaut im nasalen Augenwinkel bewirken (Bauck, 1989, Korbelt, 1992b, Korbelt und Schaffer, 1991). Typisch ist auch ein uni- bzw. bilateral sero-muköser Augenausfluss, der sich im nasalen Augenwinkel darstellt (Korbelt und Schaffer, 1991). Der Augenausfluss wird meist von einer Blepharitis gefolgt (Gelatt, 2007, Karpinski und Clubb, 1983).

Die noch relativ unerforschte *Konjunktivitis beim Wellensittich* betrifft meist beide Augen und äußert sich durch eine (chronische) Conjunctivitis erythematosa mit sero-mukösen Augenausfluss (Korbelt und Schaffer, 1991). Es kommt zu starken Gefäßzeichnungen mit Hyperämie und zu Diapedesisblutungen. Durch Anschwellen der Schleimhaut kann diese am nasalen Augenwinkel hervortreten. Juckreiz und das damit einhergehende Fremdkörperverhalten (Reiben an Käfiggegenständen) verschlimmern die Symptomatik (Korbelt und Schaffer, 1991).

### **3.7 Krankheiten der Hornhaut**

Für die Untersuchung der Hornhaut wird diese mit einer fokussierten Lichtquelle (Diaskleralkegel oder Handspaltlampe) inspiziert. Dabei wird speziell auf Veränderungen der Transparenz, auf Pigmenteinlagerungen sowie auf Reflexe der Hornhaut geachtet (Bohnet, 2007). Um Substanzverluste der Kornea zu verdeutlichen, können diese mit Fluoreszein angefärbt werden (Krautwald et al., 1989).

#### **3.7.1 Keratitis**

Eine Entzündung der Hornhaut kann verschiedene Ursachen haben und aus lokalen oder systemischen Erkrankungen der adnexalen Strukturen erfolgen (Seidel, 1988). Zum einen kann sich aus einer nicht behandelten Konjunktivitis eine Keratokonjunktivitis entwickeln. Zum anderen können Infektionen oder Erkrankungen unbekannter Genese eine Keratitis hervorrufen. Aber auch nicht infektiöse Ursachen wie genetische oder äußere Einflüsse können in Hornhautveränderungen resultieren. Typische Anzeichen einer Keratitis sind Blepharospasmus, Photophobie und Epiphora (Rupley, 1997). Das klinische Bild einer Keratitis besteht aus ziliarer Injektion, Neovaskularisation, Ödembildung, Zellinfiltraten und Trübungen und Pannusbildungen der Kornea. In hochgradigen Fällen kann es auch zu der Entstehung eines Ulcus kommen mit der Gefahr der Perforation.

Zu den infektiösen Ursachen gehört die bakterielle Infektion mit Mykobakterien. Diese verursachen sekundäre Keratiden (Korbelt et al., 1997), die zum Teil mit Formveränderungen der Kornea wie einem Keratokonus oder Narben einhergehen (Korbelt, 2006).

*Escherichia coli* Infektionen können ebenfalls zu milden bis hochgradigen Keratiden mit Ödemen und Trübungen führen (Korbelt, 2000, Nakamura und Abe, 1987).

Mykoplasmen verursachen Keratokonjunktividen bis hin zu tieferen Verletzungen der Kornea (Ley et al., 1996, Murakami et al., 2002, Nunoya et al., 1995). Durch Vakuolenbildung der Keratozyten und Ödembildung kommt es zu Trübungen. In der Regel heilen die Veränderungen unter der Bildung von Narben schnell ab (Nunoya et al., 1995).

Klassischen Veränderungen der Kornea treten durch Infektionen mit *Salmonella spp.* auf. Im Frühstadium entsteht eine einseitige Ceratitis profunda. Diese zeichnet sich durch grau-weiße Trübungen mit Ödembildung und Zellinfiltrationen aus (Korbel, 1992b). Im Laufe der Erkrankung lagern sich darüber hinaus gelb-weiße Massen auf der Kornea ab (Silva et al., 1980). Unter der Bildung von Hornhautnarben heilen die Veränderungen ab. Diese können in Maculae, Leucoma und Nebecula corneae unterschieden werden. Typisch für die Salmonelleninfektion ist die korneale Neovaskularisation. Bei oberflächlichen Prozessen kommt es zu Gefäßeinsprossungen aus der Konjunktiva. Diese sind hell und verschieblich und bilden unter dem Hornhautepithel Anastomosen aus. Bei tieferen Prozessen treten blaurote Gefäßeinsprossungen aus der Sklera auf, die sich im Hornhautstroma verzweigen. Nach überstandener Infektion bleiben obliterierte, blutleere Geistergefäße zurück (Korbel, 1992b, 2000).

Staphylokokken verursachen Keratiden meist in Verbindung mit oberflächlichen oder tiefen Hornhautverletzungen. Der Schweregrad hängt dabei vom jeweiligen Erreger ab (Korbel, 1992b, Krautwald et al., 1989).

Pseudomonaden rufen eine Ceratitis superficialis hervor (Korbel, 1991), die sich jedoch durch die Produktion von Kollagenasen zu einschmelzenden Ulcera entwickeln kann. Diese können bis in das Stroma reichen. Auffallend ist die unregelmäßig ödematisierte Korneaoberfläche.

*Chlamydophila psittacii* verursacht selten eine Keratitis. Bei systemischen oder lokalen Infektionen mit virulenten Stämmen kann die Kornea in Form einer Keratokonjunktivitis betroffen sein (Willis und Wilkie, 1999).

Zu den viralen Keratitiserregern gehören Avipoxviren. Diese verursachen eine Ödembildung der Kornea mit nachfolgender Ceratitis superficialis mit Einlagerung von Kristallen im Stroma (Jakoby et al., 1990, Korbel, 2000). In schweren Fällen kann es zu der Ausbildung von Ulcerationen mit Gefahr der Perforation und Neovaskularisation kommen (Willis und Wilkie, 1999). Dies erlaubt eine weitere Infektionen der inneren Augenstrukturen bis hin zu einer Panophthalmitis (Gelatt, 2007, Williams, 1986). Herpesviren und Paramyxoviren verursachen nur selten oberflächliche Keratiden. Meist sind diese auch durch bakterielle Sekundärinfektionen mit Streptokokken und Staphylokokken bedingt (Krautwald et al., 1989).

Mykotische Infektionen mit *Candida* können ebenfalls zu diskreten oberflächlichen Verletzungen oder tieferen Ulcerationen führen (Krautwald et al., 1989). *Candida* bildet grau-weiße Effloreszenzen und weißliche Stromainfiltrate, die zu fokalen und zentralen Trübungen der Kornea führen (Crispin und Barnett, 1978, Korbel, 2000, Seidel, 1988, Willis und Wilkie, 1999). In schweren Fällen kommt es durch *Candida* Infektionen auch zu einer Endophthalmitis (Tsai et al., 1993).

Zu den nicht infektiösen Ursachen gehört die Keratitis durch Vitamin A- oder Panthoensäuremangel (Krautwald et al., 1989), wodurch es zu einer unzureichenden Produktion von Tränenflüssigkeit

(Xerophthalmie) (Seidel, 1988) und zu einer Austrocknung der Augen kommt. Daraus resultiert eine Ceratitis superficialis, die sich durch bakterielle Infektionen verschlimmern kann (Krautwald et al., 1989, Rupley, 1997, Williams, 1986). Ein ähnlicher Mechanismus liegt bei der Ceratoconjunctivitis sicca vor, dessen Ursache nicht immer bekannt ist (Seidel, 1988).

Eine genetische Verdünnung der Kornea in Form eines Keratokonus oder Keratoglobus kann ebenfalls zu einer Keratitis führen. Durch die Ausdünnung der Kornea kommt es zu Ulcerationen und Erosionen mit der Gefahr der Perforation und der Ausbildung einer Panophthalmitis (Landman et al., 1998).

Eine metabolische Ursache für die Trübung der Kornea ist die epitheliale oder stromale Lipidosis corneae. Dabei lagern sich Cholesterinkristalle in oder auf der Hornhaut ab. Während die oberflächlichen Kristalle entfernt werden können, schränken die stromalen Cholesterinkristalle den Visus ein.

Eine wichtige Gruppe der Keratitisauslöser sind traumatische Verletzungen (Gelatt, 2007). Allem voran Automutilationen durch Juck- oder Fremdkörperreize sind zu nennen. Durch Reiben an der Käfigeinrichtung kommt es zu Verletzungen der Kornea, die sich durch bakterielle Infektionen zu hochgradigen Keratiden entwickeln können. Darüber hinaus können Verletzungen von Partnertieren, Anflugtraumen oder Fremdkörperverletzungen Keratiden unterschiedlichen Grades auslösen (Seidel, 1988, Williams et al., 2006).

Eine hohe Einstrahlung von künstlichen UV-Licht wird in der Literatur für die Auslösung einer Photokeratitis mit Epithelschäden der Konjunktiven, der Haut und der Kornea verantwortlich gemacht (Wade und Baines, 2008).

In der Vogelmedizin treten auch Keratiden unbekannter Genese auf. Zu nennen sind hier die *Keratitis der Amazonen* und die *der Mynahs*. Bei der *Keratitis der Amazonen* handelt es sich um kleine fokale Verletzungen, die oberflächlich liegen und nur selten bis in das Stroma reichen. Die Veränderungen sind meist medial zu finden und erstrecken sich erst im Laufe der Erkrankung bis in das Zentrum der Kornea. Die Erkrankung tritt bilateral auf und geht mit Blepharospasmus und serösen Augenausfluss einher (Gelatt, 2007, Karpinski und Clubb, 1983, Rupley, 1997).

Bei der häufig traumatisch erworbenen *Keratitis der Mynahs* sind sowohl oberflächliche als auch tiefere Verletzungen und Erosionen zu erkennen, die sich zu großflächigen Ulcerationen entwickeln können. Durch Neovaskularisation kommt es zu Abheilungen der Kornea, wobei Narben und Trübungen zurückbleiben können (Gelatt, 2007, Karpinski und Clubb, 1983, Rupley, 1997).

### **3.8 Krankheiten der vorderen Augenkammer und der vorderen Uvea**

Zur Beurteilung von Veränderungen der vorderen Augenkammer und der vorderen Uvea wird eine fokussierte Lichtquelle herangezogen. Veränderungen der Iris und starke Trübungen der Linse können mit einem Diaskleralkegel oder einer Handspaltlampe begutachtet werden (Krautwald et al., 1989, Seidel, 1988). Mittels Retroillumination werden die vorderen Augenstrukturen (Glaskörper, Linse, vordere Augenkammer und Kornea) betrachtet und auf Veränderungen der Transparenz begutachtet (Korbel, 1994b, 2004a).

### 3.8.1 Uveitis

Uveitiden sind Entzündungen der mittleren Augenhaut, die beim Vogel aufgrund exogener und endogener Einflüsse von Mikroorganismen entstehen oder aber Folge immunvermittelter, traumatischer, toxischer oder systemischer Ursachen sein können (Korbel, 2004a, c). Anzeichen einer akuten Uveitis sind ein gerötetes Auge mit Hyperämie der Iris (Seidel, 1988). Der Augeninnendruck sinkt dabei ab und es kann zu Veränderungen des Kammerwassers in Form eines Hypopyons oder Hyphämas kommen. Auch treten diffuse Trübungen des Glaskörpers im Zusammenhang mit einer Uveitis auf. Als Spätfolgen können vordere oder hintere Synechien nach chronischen Uveitiden, nach posttraumatischen Blutungen oder Perforationen der Hornhaut mit Verletzungen der Iris oder der Linse auftreten (Korbel, 2004a). Postuveitisch können überdies Hyperpigmentationen beobachtet werden (Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989).

Zu den infektiösen Ursachen gehört die Uveitis nach Infektion mit *Salmonella spp.* Es kommt dabei zu einer Iridozyklitis mit gelegentlicher Ansammlung von Eiter in der vorderen Augenkammer (Hypopyon). Auch können vordere und hintere Synechien auftreten. Als Spätfolge werden bei der Lösung ausgeheilter Synechien gelegentlich Iriskolobome beobachtet (Korbel, 1992b). In schweren Fällen kommt es zu einer Panophthalmitis mit Einschmelzung des Auges in Form einer Phthisis bulbi (Korbel, 2000, 2004a, c).

Mykoplasmen verursachen durch das Auftreten von Synechien ein Anschwellen der Iris, bis hin zu einer Iris bombé (Napfkucheniris). Zum Teil kommt es dabei zu Einblutungen und zu Farbveränderungen der Iris (Nunoya et al., 1995).

Andere bakterielle Erreger können alleine oder als Sekundärinfektion Veränderungen der vorderen Uvea wie Hyphäma, Hämorrhagien der Iris oder Hypopyon hervorrufen. Zu nennen sind *Pasteurella multocida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus spp.*, *Micrococcus spp.*, *Bordetella avium*, *Erysipelotrix rhusiopathiae* und *Listeria monocytogenes* (Gross, 1956, Korbel, 2000, Nakamura und Abe, 1987, Olson, 1981, Willis und Wilkie, 1999).

Virale Erreger wie Herpes-, Paramyxo- und Reoviren zeigen neben dem Auftreten einer Uveitis fibrinöse und hämorrhagische Ergüsse der vorderen Augenkammer. Herpes- und Picornaviren führen zudem zu Synechien, die eine Dyskorie zur Folge haben können (Korbel, 1992a, 2004a). Die bei Herpesviren auftretende Iridozyklitis führt häufig zu einer Deformation der Pupillenränder mit fehlendem Pupillarreflex. Typisch für Infektionen mit Herpesviren sind postuveitisch auftretende sternförmige Depigmentierungen der Iris (Korbel, 2000, 2004c, Smith et al., 1974). Systemische Infektionen mit Kryptokokkus können zu chronischen Iridozykliden führen, ohne dass es dabei zu Beeinträchtigungen der Kornea oder der Linse kommt (Korbel, 2000).

In der Gruppe der nicht infektiösen Erkrankungsursachen stellen Traumata eine nicht unerhebliche Ursache für Uveitiden dar. Diese treten meist in Verbindung mit Hyphäma, Iridocycliden und Frakturen des Skleralrings auf und haben nicht selten eine Einschmelzung des Bulbus zur Folge (Gelatt, 2007, Korbel, 2004c, Williams et al., 2006).

Chronische Katarakte stellen ebenfalls eine Quelle für nicht infektiös bedingte Uveitiden dar. Durch den langsamen Eintritt von Wasser in die veränderte Linse kommt es mit der Zeit zu einer Volumenzunahme der Linse mit Mikrorissen der Kapsel. Dabei gelangen Linsenproteine in die vordere Augenkammer und lösen dadurch eine allergische Reaktion aus. Dieser Prozess wird auch als linseninduzierte Uveitis bezeichnet, der sich zu einer Endophthalmitis anaphylactica entwickeln kann (Anderson und Buyukmihci, 1983, Korbelt, 2004c). Lymphozyten und Plasmazellen infiltrieren dabei die mittlere Aderhaut und es kommt zur Ausbildung eines Hypopyons. Die Linse selbst wird dabei von Leukozyten, Makrophagen und Riesenzellen umgeben. Synechien und Entzündungen des Pektens können Folge der linseninduzierten Uveitis sein (Gelatt, 2007). Das gleiche Prinzip liegt bei einer traumatischen Linsenluxation mit Kapselruptur vor. Linsenanteile und speziell die Linsenproteine gelangen in die vordere Augenkammer wo sie eine allergische Reaktion auslösen (Gelatt, 2007, Korbelt, 2004a).

Allergische Uveitiden können auch nach fehlerhafter Medikamentenapplikation auftreten. Ein klassischer Fehler gerade in der Ophthalmologie ist die Verwendung von konservierungsstoffhaltigen Fertigpräparaten des Medikaments d-Tubocurarin, das zur Weitstellung der Pupille verwendet wird. Die Konservierungsstoffe (Benzalkoniumchlorid) lösen dabei eine Entzündung der Uvea aus (Korbelt, 2004a, c).

Auch bei der *Keratitis der Amazonen* kann es zu einer begleitenden Uveitis kommen. Neben Fibrinablagerungen in der vorderen Augenkammer können sich Synechien ausbilden (Gelatt, 2007).

### **3.8.2 Form- und Größenveränderungen der Pupille**

Das physiologische Verhalten der Vögel stellt eine Weit- und Engstellung der Pupillenöffnung entsprechend der Lichtverhältnisse dar. Dies wird über die quergestreifte Iris-muskulatur reguliert (Krautwald et al., 1989) und spielt bei den Tieren außerdem eine wichtige Rolle in der Kommunikation untereinander (Reese et al., 2009).

Schmerzhafte Prozesse am Auge infolge von Infektionen (Uveitis oder Panophthalmitis) können eine Engstellung der Pupille und Synechien zur Folge haben (Korbelt, 1999).

Eine Mydriasis hingegen kann zentralnervös durch Infektionen mit Reoviren und Paramyxoviren ausgelöst werden (Korbelt, 2000, Krautwald et al., 1989). Bei der Infektion mit *Clostridium botulinum* kommt es im Spätstadium zu einer Lähmung der Ziliarmuskulatur und folglich zu einer Weitstellung der Pupille (Korbelt, 2000). Auch Vergiftungen mit Blei können ursächlich sein (Krautwald et al., 1989). Als medizinisch notwendig wird die Weitstellung der Pupille mit d-Tubocurarin bei der ophthalmologischen Untersuchung angesehen. Bei Greifvögeln kann hingegen auch das Auftreten der sogenannten Schreckmydriasis für die Untersuchung des Augenhintergrunds genutzt werden (Korbelt, 1994b, Krautwald et al., 1989).

Traumata des Schädels können durch zentralnervöse Störungen eine Weitstellung der Pupille hervorrufen. Auch bei Verletzungen der Retina oder des Nervus opticus ist dies möglich. Vordere Synechien wie sie nach Traumata oder Infektionen entstehen, können zu dem klinischen Bild einer Mydriasis führen (Korbelt, 2001, Krautwald et al., 1989).

Ein schneller Wechsel zwischen Mydriasis und Miosis lässt sich durch die physiologische Hell-Dunkel-Adaption erklären. Auch benutzen manche Papageienarten dies als Ausdruck von Drohgebärden (Korbel, 1999). Chronische Bleivergiftungen können ein ähnliches Bild bewirken (Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989).

Eine Iridyskorie steht meist in Zusammenhang mit einer abheilenden Herpes- oder Salmonelleninfektion. Durch zum Teil unvollständiges Ablösen der Verklebungen zwischen Iris und Linse kommt es zu der Entstehung eines Iriskoloboms (Korbel, 1992b, 2000). Irisalterationen wie partielle oder vollständige Iriskolobome (v.a. im ventralen Iriswinkel) können auch genetischen Ursprungs sein und unterschiedliche Formen (oval, rundlich, schlitzförmig oder birnenförmig) annehmen (Wriedt et al., 2002).

Auch das Fehlen oder das Verzögerte Auftreten des Pupillarreflex kann durch ein traumatisches Geschehen mit Nervenverletzung oder durch Infektionen hervorgebracht werden (Krautwald et al., 1989). Bei starken Herpesinfektionen kann es zum Ausbleiben des Reflex kommen (Korbel, 2000). An Botulismus erkrankte Tiere zeigen hingegen einen verzögerten Reflex. Ein Verlust des Pupillarreflex aufgrund eines Irimelanoms wurde bislang nur beim Huhn beschrieben (Seidel, 1988).

### **3.9 Krankheiten der Linse**

Die Linse kann sowohl mittels einer fokussierten Lichtquelle als auch mittels Retroillumination untersucht werden. Zur weiteren Begutachtung kann sowohl die Ophthalmoskopie als auch die Sonographie herangezogen werden (Krautwald et al., 1989). Erste Veränderungen der Linse, die auf einen Katarakt hindeuten (*Cataracta incipiens*), stellen sich als punktförmige Trübungen im Zentrum oder im vorderen, zentralen Kapselbereich dar. Die Trübung der Linse breitet sich über das Stadium des immaturren Katarakts (*Cataracta immatura*) zu einem maturaen Katarakt (*Cataracta matura*) aus (Wriedt et al., 2002). Je nach Größe des Patienten kann zur Therapie die Phakoemulsifikation herangezogen werden (Booth und Gaven, 2012, Carter et al., 2007).

#### **3.9.1 Katarakt**

Katarakte bei Ziervögeln treten sehr häufig auf, vor allem männliche Tiere scheinen prädisponiert zu sein (Keymer, 1977, Wriedt et al., 2002).

Die Unterteilung erfolgt in drei Gruppen:

- Juveniler Katarakt
- Primärer Katarakt
- Konsekutiver Katarakt



Juvenile Katarakte stellen vor allem bei Eulenvögeln eine Besonderheit dar. Die Linsen von Nesthockern sind in den ersten Lebenswochen opak-wolkig. Starke Glykogeneinreicherungen werden für die Trübungen des Linsenkerns verantwortlich gemacht. Mit dem Heranwachsen der Jungtiere wird die Linse transparent: so verschwinden die Trübungen bei Eulenvögeln zwischen der 4-6 Lebenswoche. Nestflüchter, wie Hühner, haben hingegen bereits ab dem ersten Lebenstag eine transparente Linse (Buyukmihci et al., 1988, Carter et al., 2007, Gelatt, 2007, Korbelt, 1994b).

Bei dem primären Katarakt handelt es sich um eine isolierte Linsentrübung ohne infektiösen Hintergrund. Zu ihnen zählen die häufig auftretenden erblichen und altersbedingten Katarakte: Eine genetische Prädisposition haben vor allem Tiere mit einem weißen Gefieder. Aber auch viele Kanariensarten wie die Yorkshire und Norwich Kanarienvögel zeigen eine rassebedingte Häufigkeit für das Auftreten von primären Katarakten (Gelatt, 2007, Keymer, 1977, Korbelt, 2012a, Wriedt et al., 2002). Großpapageien mit einer hohen Lebenserwartung wie Aras entwickeln nicht selten senile Katarakte (Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989, Wriedt et al., 2002). Bei Puten wurden Katarakte bei frisch geschlüpften Küken beschrieben, die auf eine Entwicklungsstörung durch Mangelversorgung mit Vitamin E zurückzuführen ist (Barr et al., 1988, Ferguson et al., 1956, Keymer, 1977). Die senilen Katarakte stellen sich häufig als nukleare Katarakte dar (Keymer, 1977, Tsai et al., 1993). Konsekutive Katarakte können sowohl eine infektiöse als auch eine nicht infektiöse Erkrankungsursache haben (Carter et al., 2007, Wriedt et al., 2002). Infektiös bedingte Katarakte sind meist bilateral und treten zusammen mit sekundären Glaukomen auf (Krautwald et al., 1989, Wriedt et al., 2002). Bakterielle Erreger wie *Escherichia coli*, *Mycobacterium avium*, *Mycoplasma spp.* und *Salmonella spp.* können bei schweren und langwierigen Erkrankungen auch eine Trübung der Linse verursachen (Keymer, 1977, Korbelt, 1992b, 2000). Dasselbe gilt für Infektionen mit Avipox- und Paramyxoviren (Alexander und Allan, 1974). Bei der aviären Encephalomyelitis verursachen Picnaviren zunächst hintere Kapselkatarakte oder auch Cataracta lenticularis corticals. Nach Überstandener Infektion bleiben diese als lyraförmige Katarakte, Cataracta lentis diffusa, zurück (Korbelt, 1991, 1992a, 2000). Systemische Infektionen mit *Toxoplasma gondii* können in seltenen Fällen Trübungen nach sich ziehen. Eine große Gruppe der konsekutiven Katarakte stellen die nicht infektiös bedingten Katarakte dar. Experimentell erzeugten Kataraktformen treten bei einer Haltung unter Dauerlicht auf, wodurch ein lichtinduzierter Buphthalmus entsteht (Ashton et al., 1973, Smith et al., 1969). Auch Vitaminmangel, speziell der Vitamine A und E, können bei chronischen Verläufen eine Trübung verursachen (Barr et al., 1988, Seidel, 1988). Die häufigste Kataraktursache sind traumatischen Ursprungs (Karpinski und Clubb, 1983, Korbelt, 1994b). Post traumatische Veränderungen am Auge oder auch Contre-coup Effekte können Trübungen nach sich ziehen. Meist gehen diese mit einem sekundären Glaukom einher (Buyukmihci et al., 1988, Krautwald et al., 1989, Williams et al., 2006, Wriedt et al., 2002). Eine besondere Veränderung sind Linsenluxationen und linseninduzierte Uveitiden, die bei fehlender Behandlung zu Trübungen der Linse führen können. Auch Organopathien wie eine Hepathopathie können zu Einlagerungen von Kristallen in die Linse und dadurch zu einer Trübung führen. Medikamente, Intoxikationen oder chronische Erkrankungen wie Diabetis mellitus führen beim

Säugetier zum Auftreten von Katarakten. Beim Vogelpatienten werden ähnliche Vermutungen angestellt, bislang jedoch ohne genaue Angaben (Carter et al., 2007, Wriedt et al., 2002).

### **3.9.2 Linsenluxation**

Eine Luxation der Linse kommt bei Vögeln verhältnismäßig häufig vor. Vor allem Tiere mit großen Augen, wie Eulen, scheinen prädisponiert zu sein. Bei der Untersuchung fallen die gerissenen Zonulafasern auf. Die Linse stellt sich als ein aphakischer Halbmond dar, der meist nach zentral verlagert ist (Korbel, 2001).

Die häufigste Ursache stellen Traumata - speziell stumpfe Anflugtraumen aber auch Käfiggenossen und Käfigeinrichtung - dar (Korbel, 2004a, Pfleghaar und Schaffer, 1992). Dabei werden die einwirkenden Kräfte je nach Wirkungswinkel durch den an den Ziliarkörper angrenzenden Skleralring potenziert (Korbel, 2001). Neben einer einfachen Luxation der Linse kann es auch zu einer Ruptur dieser kommen. Es kommt dabei zu einer partiellen oder totalen Ruptur der Zonulafasern, wobei sich die Bruchenden bischofartig einrollen (Pfleghaar und Schaffer, 1992). Die Linse verlagert sich meist in die vordere Augenkammer. Die Spitzen des Ziliarkörpers haften dabei der Linsenperipherie bei einer Ruptur des Aufhängeapparates als dunkles pigmentiertes Band an (Korbel, 2001).

Bei einer Ruptur können die Linsenproteine sowohl in die vordere als auch in die hintere Augenkammer gelangen und eine linseninduzierte Uveitis auslösen (Anderson und Buyukmihci, 1983, Korbel, 2004a, Korbel et al., 1998, Pfleghaar und Schaffer, 1992). Pathognomisch für eine Linsenluxation nach anterior ist zudem die Verlagerung der Iris nach posterior und eine dadurch sehr tief erscheinende vordere Augenkammer. Durch den Lupen effekt der luxierten Linse stellt sich die Iris und die Pupillenöffnung zudem sehr groß dar (Korbel, 2001). Bei der Untersuchung fallen dabei nur zwei Reflexbildchen (Purkinje-Sanson-Spiegelbildchen) auf: Der Reflex des Korneaepithels und der der vorderen Linsenkapsel fallen bei der Luxation der Linse nach anterior zusammen (Korbel, 2001). Bei Papageienvögeln können Linsenluxationen auch Folge von Brutfehlern oder Entwicklungsstörungen sein (Korbel, 2001, Walde, 1997).

Auch mature oder hypermature Kataraktformen können eine Linsenluxation zur Folge haben. Die bei Katarakten meist kugelförmige Linse übt eine Spannung auf die Zonulafasern aus. Besteht dies über einen längeren Zeitraum, so kann es zu einem Zerreißen der Fasern kommen und damit zu einer Luxation der Linse (Anderson und Buyukmihci, 1983, Tsai et al., 1993).

### **3.10 Krankheiten des Augenhintergrunds**

Für die Untersuchung des Augenhintergrunds wird die Ophthalmoskopie verwendet. Dabei kann zwischen direkter monokularer, indirekter monokularer und binokularer indirekter Ophthalmoskopie gewählt werden (Bohnet, 2007). Vorzugsweise wird die binokulare indirekte Ophthalmoskopie mit entsprechenden Ophthalmoskopierlupen herangezogen (Korbel, 2001). Weitere Hilfsmittel für die

Untersuchung des Augenhintergrunds stellen die Fundusphotographie sowie die Elektroretinographie dar (Korbel, 2004a, Krautwald et al., 1989). Die Elektroretinographie kommt zur Untersuchung des Fundus zum Einsatz, wenn dieser aufgrund von Trübungen des vorderen Augenabschnitts nicht mehr mit indirekter Ophthalmoskopie betrachtet werden kann (Korbel und Stütz, 1999).

### **3.10.1 Augenfächer**

Die häufigste Ursache für Veränderungen des Augenfächers sind traumatisch bedingte Blutungen ausgehend vom Pecten (Korbel, 2004c, 2012a, Krautwald et al., 1989, Williams, 2012).

Dies liegt an den besonderen anatomischen Verhältnissen: das stark vaskularisierte Pecten ist eine allein durch Augenbewegungen passiv bewegbare chorioidale Projektion, die in den Glaskörper hineinragt (Korbel, 2004a). Traumatische Einwirkungen mit starken Scher- und Fliehkräften können daher leicht zu Gefäßrupturen und Einblutungen speziell in den Glaskörper führen (Korbel, 1994b, Müller, 2010). Dies führt zu Trübungen des Glaskörpers und eventuell zur Ausbildung von Fibrinschleiern (Williams et al., 2006). Bei enormer Belastung kann es zu einem vollständigen oder partiellen Abriss des Pektens kommen. Die daraus entstehenden Versorgungsmängel können Veränderungen bis hin zur Atrophie des Augenfächers verursachen (Gelatt, 2007, Williams, 1986).

Bei Puten wurde eine Hypoplasie des Pektens infolge von Entwicklungsfehlern (Barr et al., 1988) oder genetischen Erkrankungen beschrieben (Inglehearn et al., 2003). Im Zusammenhang mit dem Pop-Eye-Syndrom wurden überdies Deformationen des Augenfächers mit veränderten Falten bis hin zum Fehlen einzelner Falten beobachtet. Auch die Höhe des Augenfächers war bei diesen Tieren reduziert (Korbel und Maggs, 2012).

In der Literatur werden Deformationen des Pektens auf bakterielle und virale Infektionen zurückgeführt. Zu nennen sind hier Granulombildungen aufgrund einer Infektion mit Mykobakterien (Korbel, 2006) oder Blutungen nach Infektionen mit Paramyxo- und Reoviren (Korbel, 2000, Krautwald et al., 1989).

### **3.10.2 Sehnerven**

Erkrankungen des Sehnervs beim Vogel wurden in der Literatur bislang kaum beschrieben. Eine große Gruppe der Sehnervschädigungen stellen Traumata dar. Durch Zug oder Kontusion kann es zu Verletzungen oder sogar zum Sehnervenabriss kommen (Seidel, 1988). Ebenfalls zu den traumatischen Sehnervenschäden gehört der chirurgische Fehler bei einer Enukleation. Durch starke Zugbewegungen kann es zu Schäden am Sehnerv des kontralateralen Auges kommen, was auf die Kürze des Sehnervs beim Vogel zurück zu führen ist. Diese Schäden schränken die Leistung des verbliebenen Auges zum Teil erheblich ein (Fordham et al., 2010, Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989).

Veränderungen des Sehnervs in Form einer Neuritis treten als Folge von Infektionen mit Salmonellen oder Bornaviren auf (Korbel, 2012c, Weissenböck et al., 2009). Eine systemische

Infektion mit *Toxoplasma gondii* kann in schweren Fällen eine Neuritis des Nervus opticus auslösen oder auch zu einem Verlust von myelinisierten Axonen führen. (Ritchie et al., 1994, Williams et al., 2001, Willis und Wilkie, 1999). An der Marek'schen Krankheit erkrankte Hühnern zeigen eine Verdickung des Nervus opticus durch Zellansammlungen (Smith et al., 1974). Ebenfalls werden in der Literatur Neoplasien des Sehnervens wie Gliome des Nervus opticus beschrieben (Karpinski und Clubb, 1983, Krautwald et al., 1989, Williams, 1986).

Auch genetische Erkrankungen wie das Pop-Eye-Syndrom können den Sehnervenkopf betreffen. Bei erkrankten Tieren wurden Größen- und Formveränderungen beschrieben. Der Sehnervenkopf einiger Tiere stellte sich dabei kommaförmig mit keulenartiger Vergrößerung im ventronasalen Bereich dar (Korbel und Maggs, 2012).

Haltungsbedingte Fehler wie eine Unterversorgung mit Vitamin A können zu mangelnder Ausbildung der Ganglionzellschicht im Auge mit beidseitiger Amaurosis führen (Seidel, 1988). Bei Puten wurde eine Hypoplasie der retinalen Ganglionzellschicht mit bislang unbekannter Ätiologie beobachtet (Barr et al., 1988). Intoxikationen können ebenfalls zu einer Veränderung der Nervenzellschicht und des Nervus opticus führen, werden jedoch bislang in der Literatur nicht weiter beschrieben (Seidel, 1988).

### 3.10.3 Netzhaut

Krankheiten der Netzhaut können in zwei große Gruppen unterteilt werden: in Veränderungen infolge traumatischer Einwirkungen und infolge infektiösen Ursprungs (Williams, 2012).

Daneben können Entzündungen der Netzhaut auch Folge von unbehandelten Entzündungen anderer Augenstrukturen sein, die auf die Retina übergreifen. Dies resultiert meist in einer sekundären Ablösung der Netzhaut (Krautwald et al., 1989). Des Weiteren kommen beim Vogel auch genetisch bedingte Fehlbildungen der Netzhaut vor (Dyspalsien, Kolobome) (Buyukmihci et al., 1988, Inglehearn et al., 2003, Korbel und Maggs, 2012, Shivaprasad und Korbel, 2003) oder auch Erkrankungen mit unbekannter Ursache (Ernährungsmängel (Barr et al., 1988, Krautwald et al., 1989), indioopathisches Absinken des Augeninnendrucks) (Bitgood und Whitley, 1986).

Traumata stellen jedoch die größte Gruppe von Auslösern der Netzhauterkrankungen dar. Durch Zusammenstöße mit Hindernissen, durch Fremdkörper wie Geschossen oder auch durch Contre-Coup Effekte kann es zu intrachorioidalen Blutungen kommen (Gelatt, 2007, Korbel, 2004a, Krautwald et al., 1989, Williams, 2012). Durch die Blutungen kann es zu Chorioretiniden, kurzzeitigen Netzhautlösungen oder auch durch die Resorption entstandener Fibrinclots zu einer Ablösungen der Retina (Retraktionsablatio) kommen (Korbel, 1994b, 2004a, c, Müller, 2010, Williams et al., 2006).

Zu der Gruppe der infektiös bedingten Netzhauterkrankungen gehören sowohl bakterielle, virale als auch parasitäre Infektionen. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung werden Chorioretiniden an der scharfen Zeichnungen der chorioidalen Gefäße erkannt oder bei bereits fortgeschrittenen Veränderungen anhand grau-weißer Areale auf der Retina. Abgeheilte Entzündungen der

Chorioretina zeichnen sich durch typische postretinitische Hyperpigmentationen im Randbereich von Läsionen aus (Korbel, 2004a).

Das klassische Bild einer Chorioretinitis maculosa disseminata wird durch eine systemische Infektion mit *Toxoplasma gondii* hervorgerufen (Feldman, 1974, Korbel, 1999, Williams, 1986). Durch die Infektion kommt es zur Ödematisierung der Retina, die sich bis zur Ablösung der Retina entwickeln kann (Parenti et al., 1986, Williams et al., 2006, Williams et al., 2001, Willis und Wilkie, 1999). Ein ähnliches Bild wird bei einer Infektion mit Salmonellen und Mykobakterien beobachtet (Korbel, 1999, 2006, Silva et al., 1980). Salmonelleninfektionen verursachen die Bildung eines käsigen Exsudats im Glaskörper, das sich an der Retina festsetzt und zu einer Ablatio retinae mit anschließender Erblindung führen kann (Korbel, 1992b, Silva et al., 1980). Die abgelöste Netzhaut stellt sich grauweiß dar und die chorioidalen Gefäße unter abgelösten Arealen sind nur noch unscharf zu erkennen (Korbel, 1994b). Auch bei Infektionen mit Bornaviren werden fokale, inselartige Retinaläsionen vermutet, die bislang bei Affen nachgewiesen wurden (Stitz et al., 1980).

## 4. Interaktives Lernen

Das interaktive Lernen mit multimedialen Systemen hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen und ist Mittelpunkt der Diskussion um neue Lehrformen. Interaktives Lernen steht für modernes und zukunftsorientiertes Lernen (Center, 2002) und ist mittlerweile Bestandteil vieler Schulen und Universitäten (Downes, 2006).

Unter Interaktivität versteht man in der Computertechnik das Interagieren des Menschen mit einem Computer. Ein interaktives Lernprogramm ermöglicht daher dem Nutzer ein Eingreifen und Steuern eines Programms, wodurch ein individuelles Lernen ermöglicht werden soll (Hofmann, 1997).

Lernsysteme beinhalten drei wichtige Eigenschaften: *Adaptivität*, *Interaktivität* und *Multimedia*. Die *Adaptivität* beschreibt die Anpassung des Lernprogramms an die Lernumgebung des Schülers. Es wird dabei zwischen aktiver, passiver und intelligenter Adaptivität unterschieden. Bei der passiven Adaptivität wählt der Nutzer zwischen einer Reihe von Lerninhalten und entscheidet somit selbstständig, während bei der aktiven Adaptivität das Programm anhand von anfänglichen Testfragen entscheidet. Die intelligente Adaptivität arbeitet mit einem Benutzerprofil, wobei ein umfassendes Bild des Nutzers erstellt wird, das ständig erweitert wird.

Mit der *Interaktivität* wird die Beeinflussung von Ablauf und Inhalt der Präsentationen beschrieben. Die passive Interaktivität basiert auf *Wenn-Dann*-Befehlssequenzen, während bei der aktiven Interaktivität ein Navigationsweg aufgezeichnet wird. Bei der intelligenten Interaktivität wird durch Simulation die Wirklichkeit nachgebildet. Die Interaktivität spielt bei der Erstellung von Lernprogrammen eine wesentliche Rolle, da ihre Umsetzung die Motivation des Nutzers bestimmt (Hofmann, 1997).

Unter *Multimedia* werden audiovisuelle Komponenten verstanden. Wobei unter Audio Spracheingaben und Musik und unter visuellen Inhalten geschriebene Texte, Bilder und Filme verstanden werden (Hofmann, 1997).

Das große Gebiet des computergestützten Lernens kann in zwei Gruppen unterteilt werden: in *Computer based training (CBT)* und in *Web based training (WBT)* (Center, 2002). Die meisten Übungsprogramme sind auf einer CD-Rom erhältlich und somit computer based trainings. Sie sind systematisch aufgebaut und besitzen einen allgemeinen Teil zur Vorstellung von Lerninhalten und einen Übungsteil. Sie werden vor allem zum Üben und Festigen von Kenntnissen und Faktenwissen eingesetzt. Ein Beispiel dafür ist der in der Schule häufig verwendete Vokabel- und Grammatiktrainer (Center, 2002).

Zu dem *Web Based Training (WBT)* gehört das E-learning (*engl. electronic learning*), das in Form von Onlinekursen (tutorielle Lernprogramme, Hypertext) eine neue Dimension des Lernens darstellt (Downes, 2006). Durch das Online-Lernen kommt es zu einer Verschmelzung von aktuellen Weiterbildungen mit neuen Technologien (Internet), die mithilfe des Computers realisiert werden. Das *WBT* übernimmt Lehrfunktionen, stellt Aufgaben und analysiert Antworten und gibt anschließend eine Rückmeldung an den Lernenden. Durch das Internet wird eine große Bandbreite an Nutzern erreicht, die weder orts- noch zeitgebunden sind (Center, 2002).

## 5. Die Multiple Choice Methode

Mitte der Achtziger Jahre wurden an den deutschen Hochschulen *Multiple Choice (MC-) Fragen* und *Multiple Choice (MC-) Prüfungen* eingeführt. Diese *selected response questions* betreffen alle schriftlichen Prüfungen, bei denen der Prüfling zwischen einer Auswahl von Antwortmöglichkeiten wählen muss. Dem gegenüber stehen die *constructed response questions*, Prüfungen mit selbstständigem Formulieren von Antworten, und die mündlichen Prüfungen (Dany et al., 2008)

Das Ziel von Multiple Choice Prüfungen ist das Erlangen eines genauen und fehlerfreien Bildes vom Wissensstand und von den Fähigkeiten eines Prüflings sowie die Ökonomisierung des Arbeitsaufwands für den Prüfer. Die Auswertung der Prüfung wird für den Prüfer vereinfacht, wenn sie nicht sogar durch einen Computer automatisiert werden kann. Der Arbeitsaufwand verlagert sich somit in die Erstellung der Fragen, während bei der Korrektur viel Zeit eingespart wird (Zürich, 2012). Voraussetzung für eine erfolgreiche objektive Multiple Choice Prüfung sind qualitativ hochwertige MC-Fragen. In den letzten Jahren wurde daher die Prüfungsmethodik und das Erstellen von Prüfungsfragen genau erforscht und weiterentwickelt (Smolle, 2008).

Mit Multiple Choice Prüfungen kann fast jedes Fachgebiet getestet werden. Nur Fächer, in denen es um Kreativität oder praktische Anwendungen geht, sind hiervon ausgeschlossen. Bei der Erstellung der Fragen können vier verschiedenen Lernziele abgefragt werden (ELSA, 2012):

1. Reproduktion (*Wiedergabe von Wissen*)
2. Reorganisation (*Verarbeitung und neue Anordnung von Wissen*)
3. Transfer (*Übertragung von Wissen auf neue Problemstellungen*)
4. Anwendung (*Lösen von Aufgaben, die neue Fragen und Aspekte enthalten*)

Die klassisch aufgebaute MC-Frage besteht aus einem Fragenstamm (*Vignette*), der ein Problem beschreibt, einer eindeutig formulierten Frage und mehreren Antwortoptionen (*Alternativen*). Dabei sollte eine richtige Antwort und mehrere falsche Antworten (*Distraktoren*) vorliegen (Dany et al., 2008). Multiple Choice Fragen, die in einer Lernsoftware verwendet werden, sollten darüber hinaus eine ausführlichere Rückmeldung für jede gewählte Antwort vorweisen (Reinhardt und Kehl, 2010).

Für die Erstellung von Multiple Choice Fragen wurde in den vergangenen Jahren eine Reihe von Grundregeln aufgestellt:

Die klassische Multiple Choice Frage oder *best-answer- Frage* hat eine klare, ausführliche Fragestellung. Sie sollte dem Prüfling sofort verständlich sein und es ihm ermöglichen, auch ohne Angabe der Antwortoptionen diese zu lösen (*cover the options rule*) (Dany et al., 2008). Bei der Erstellung der Antwortoptionen sollte Homogenität vorliegen. Die einzelnen Alternativen sollten die gleiche Textlänge und Grammatik aufweisen, sowie sich auf denselben Inhalt beziehen (Brüstle, 2011, Smolle, 2008). Die richtige Antwort sollte eindeutig besser sein als die der Distraktoren, die zwar plausibel und attraktiv wirken sollen, jedoch für „gute“ Prüflinge als eindeutig „falsch“ zu erkennen sind (Jacobs, 2000).

Die Fragen können sehr unterschiedlich formuliert werden: Zum einen kann der Aufgabenstamm als Frage gestellt sein, wobei die Alternativen die Antworten auf diese Frage bilden, zum anderen als unvollständiger Satz, der von den Antwortmöglichkeiten vervollständigt wird (Jacobs, 2000). Generell sollten MC-Fragen immer positiv und nur selten negativ formuliert werden. Dabei wäre darauf zu achten, dass negativ formulierte Fragen typographisch hervorgehoben werden (Brüstle, 2011).

Auch bei den Antwortoptionen unterscheidet man zwei Arten (Jacobs, 2000):

1. *true answer form* (es gibt eine richtige Antwort, die Distraktoren sind falsch)
2. *best answer form* (die richtige Antwort ist die plausibelste, also die beste Antwortmöglichkeit)

Multiple Choice Prüfungen können mehrere Fragetypen beinhalten, wobei man sich in einer Prüfung auf einen Fragentyp beschränken sollte:

1. Typ A

Bei der Typ A Frage muss der Prüfling unter einer Reihe von bestmöglichen Antwortoptionen die „Richtige“ oder die „Beste“ auswählen. Als abgewandelte Form gibt es noch den Typ A neg, bei der eine negativ Frage formuliert wird.

2. Typ B

Bei dem Fragentyp B handelt es sich um Zuordnungsfragen. Zu den genannten Fragen gibt es eine Reihe von Wahlantworten, die richtig zugeordnet werden müssen.

3. Typ Kprim

Bei diesem Fragentyp gibt es mehrere richtige Antworten. Der Prüfling muss unter mehreren Antwortoptionen entscheiden, ob diese „richtig“ oder „falsch“ sind.

Ein häufiges Problem bei der Erstellung von Multiple Choice Fragen sind Lösungshinweise in der Fragestellung (*Cueing*). Cueing erlaubt dem Prüfling auch ohne Vorbereitung und Kenntnisse eine Frage richtig zu beantworten (Krebs, 2008). Dies kann aufgrund grammatikalischer, formaler, logischer oder inhaltlicher Fehler auftreten. Aber auch Hinweise (Kernelemente der richtigen Antwort) oder Konvergenzen, die die Aufmerksamkeit des Prüflings auf zwei oder drei Antwortoptionen lenken, sind zu vermeiden. Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, dass verbale Assoziationen zwischen Stamm und richtiger Antwort vermieden werden. Auch absolute Begriffe wie „*immer*“ und „*niemals*“ sollten in den Antwortoptionen nicht auftreten. Hilfreich zur Vermeidung von Cueing ist der homogene Aufbau der Alternativen. Die Distraktoren sollten die selbe Länge und Ausführung haben und ebenso plausibel und attraktiv wirken wie die richtige Antwort (Jacobs, 2000, Krebs, 2008).



## **6. Material und Methoden**

### **6.1 Materialien**

Das Lernprogramm wurde mit der Software Typo3 CMS, einem freien Content-Management-Framework zur Herstellung von Webseiten, erstellt (Typo3-Association). Mit Hilfe einer bereits vorprogrammierten Formatvorlage, dem Template, wurde der genaue Seitenaufbau und das Gerüst der Webseite definiert. Das Programm wurde durch einige Module von Typo3 CMS erweitert, um die gewünschten Funktionen wie das Quiz, das Glossar, den Slider der Startseite sowie die selbststartende CD zu erstellen. Als Hilfestellung dienten neben Video-Tutorials auch einschlägige Literatur (Partl und Müller-Prothmann, 2010, Rühling, 2008) sowie Hinweise aus verschiedenen Fachforen.

Für die Erstellung der Arbeit wurde ein Desktop – PC von Apple (iMac) mit dem Betriebssystem Mac OS X Lion verwendet. Die zur Veranschaulichung der Texte verwendeten Bilder stammten hauptsächlich aus der von Herrn Professor Korbelt bereitgestellten Sammlung. Einige wenige, vor allem die Nutzungsrechte für die Illustrationen der Aras, wurden im Internet unter [www.fotolia.com](http://www.fotolia.com) käuflich erworben. Das aus der DIA-Sammlung ausgewählte Bildmaterial wurde mit einem Dia-Scanner (Nikon, super cool scan 4000) mit einer Scantiefe von 300dpi digitalisiert und mit einem Bildbearbeitungsprogramm (Adobe Photoshop Elements 6.0) nach Belegung entsprechender Kurse an der Universität nachbearbeitet. Anschließend wurden die Bilder auf eine Größe von 200x200pixel zugeschnitten.

Für die Übertragung des selbststartenden Lernprogramms auf eine CD wurde im Backend nach Eingabe der Emailadresse die CD-Generierung aktiviert. Auf dem Server wurden die Dateien des Lernprogramms sowie die notwendigen Dateien für das Starten der CD (Google Chrom Portable) als ZIP-Datei gespeichert und an die angegebene Email Adresse versendet. Nach dem Download der Dateien konnten diese auf eine CD gebrannt und vervielfältigt werden. Somit wird es dem Nutzer des Lernprogramms freigestellt, ob er die passwortgeschützte Internetseite (z.B. mobil über Smartphone oder Tablet-PC) oder das Lernprogramm als selbststartende CD verwenden möchte.

### **6.2 Methoden**

#### **6.2.1 Konzept**

Diese Arbeit soll sowohl für Studierende als auch für die postgraduale Fort- und Weiterbildung den neuesten Stand der Forschung der Ornitho-Ophthalmologie zusammen führen und mit modernen Methoden der Informationstechnik zugänglich machen. Damit soll das Gebiet der Ophthalmologie beim Vogel leichter erlernt und schneller eine Diagnose mit Therapievorschlügen erstellt werden. Dazu wurde Fachliteratur studiert, neue Lernmethoden eingebracht und der Stand der aktuellen Forschung erarbeitet.

Da mit dieser Arbeit zwei unterschiedliche Zielgruppen angesprochen werden sollen, galt es, die jeweiligen Ansprüche an das Lernprogramm zusammen zu führen.

Studierende:

- Überblick über die typischen Erkrankungen des Ziervogelauges
- Überblick über die Anatomie des Vogelauges
- Erleichterte Herangehensweise durch verschiedene Ansätze (morphologisch und ätiologisch)
- Verdeutlichung der Symptome / Krankheitsbilder mit Hilfe von Bildmaterial
- Kontrolle des Lernerfolgs anhand einer großen Sammlung von Multiple Choice Fragen, die die Gebiete der Anatomie und der Klinik abdecken

Postgraduale Ausbildung:

- Überblick über die gängigen Augenerkrankungen beim Ziervogel
- Problemorientierter Aufbau
- Schneller Überblick über Symptome
- Bildersammlung zum Vergleich mit eigenen Patienten
- Diagnostik- und Therapievorschläge

## 6.2.2 Programmerstellung

Die Erstellung der Webseite für das Lernprogramm mit TYPO3 lässt sich in vier große Arbeitsschritte aufteilen:

Der erste Schritt beinhaltete die Erstellung und Ausarbeitung eines Konzepts zum Layout und Design des Lernprogramms. Die Struktur der einzelnen Hauptseiten (Inhalte und Bilder, Überschriften, Schriftart) sowie das Farbkonzept wurden zunächst in handgefertigten Zeichnungen von der Verfasserin erarbeitet. Ziel war es, die für die beiden Zielgruppen ausgearbeiteten Anforderungskataloge in ein für den Nutzer ansprechendes Lernprogramm umzusetzen. Große Sorgfalt wurde bei der Ausarbeitung des Konzepts auf die Umsetzung der gewünschten Funktionalität im Bezug auf den gewünschten Lerneffekt gelegt.

Basierend auf diesen Überlegungen wurde als zweiter Schritt von der Verfasserin ein passendes Template im Internet ausgewählt und heruntergeladen (<http://www.typo3-templates-kostenlos.de/>).

Der dritte Schritt galt der Auswahl eines auf TYPO3 ausgelegten Webservers. Nach Registrierung und Download von TYPO3 von der Verfasserin galt es nun, das ausgewählte Template in die leere TYPO3-Installation zu integrieren und das Layout den vorgefertigten Zeichnungen anzupassen. Für diese Ausführung wurde die Verfasserin von einem klinikexternen Informatiker unterstützt und beraten.

Nach der Erstellung des leeren Grundgerüsts des Lernprogramms beinhaltete der vierte Punkt die redaktionelle Erstellung und Pflege der Inhalte. Die Verwaltung und Eingabe der Text- und Bildinhalte erfolgt über das Backend. Im Backend können nach Erstellung der vorprogrammierten

Eingabeformulare Seiten und Unterseiten erstellt werden. Bilder, Grafiken und Texte können direkt in die entsprechenden Bedienungsfelder (Rich-Text-Editor, Objektmanager) eingegeben und formatiert werden.

Die nachfolgende Abbildung stellt die zentralen Bedienungseinrichtungen des Programms dar:

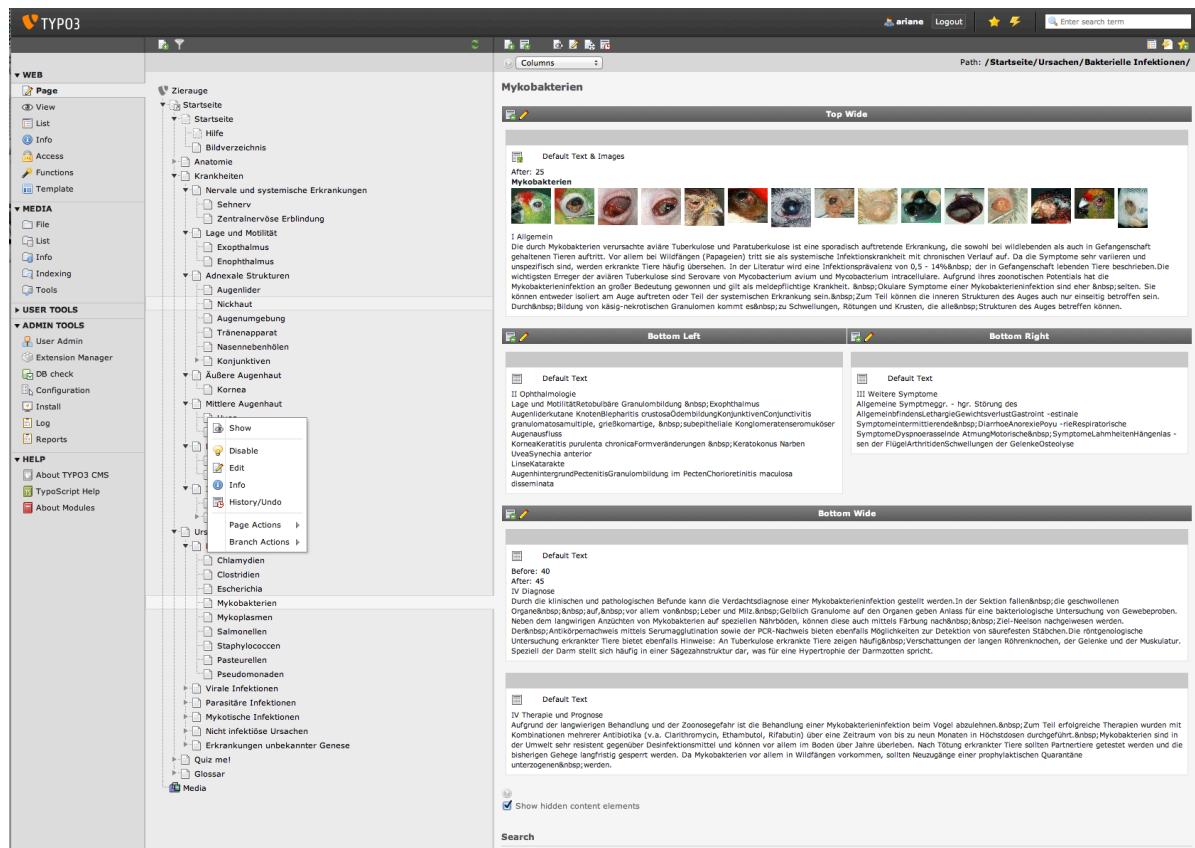


Abbildung 1: das Backend von TYPO3

Das Backend ist in drei Bereiche (Spalten) unterteilt: Auf der linken Hälfte der Abbildung können unter den Rubriken *Web*, *User Tools* und *Admin Tools* Veränderungen und Einstellungen am *Template* vorgenommen werden. Unter dem Menüpunkt *Media* können Bilddokumenten verwaltet werden.

Die mittlere Spalte der Abbildung spiegelt die Menüleiste des Lernprogramms wieder. Durch einfaches Zufügen (*Drag-and-Drop*) von Seiten entsteht ein Seitenbaum mit den einzelnen Menüpunkten und Unterseiten. Durch einen Doppelklick öffnet sich ein Einstellungsfeld, worüber genauere Einstellungen und Aktionen der Seite verwaltet werden können.

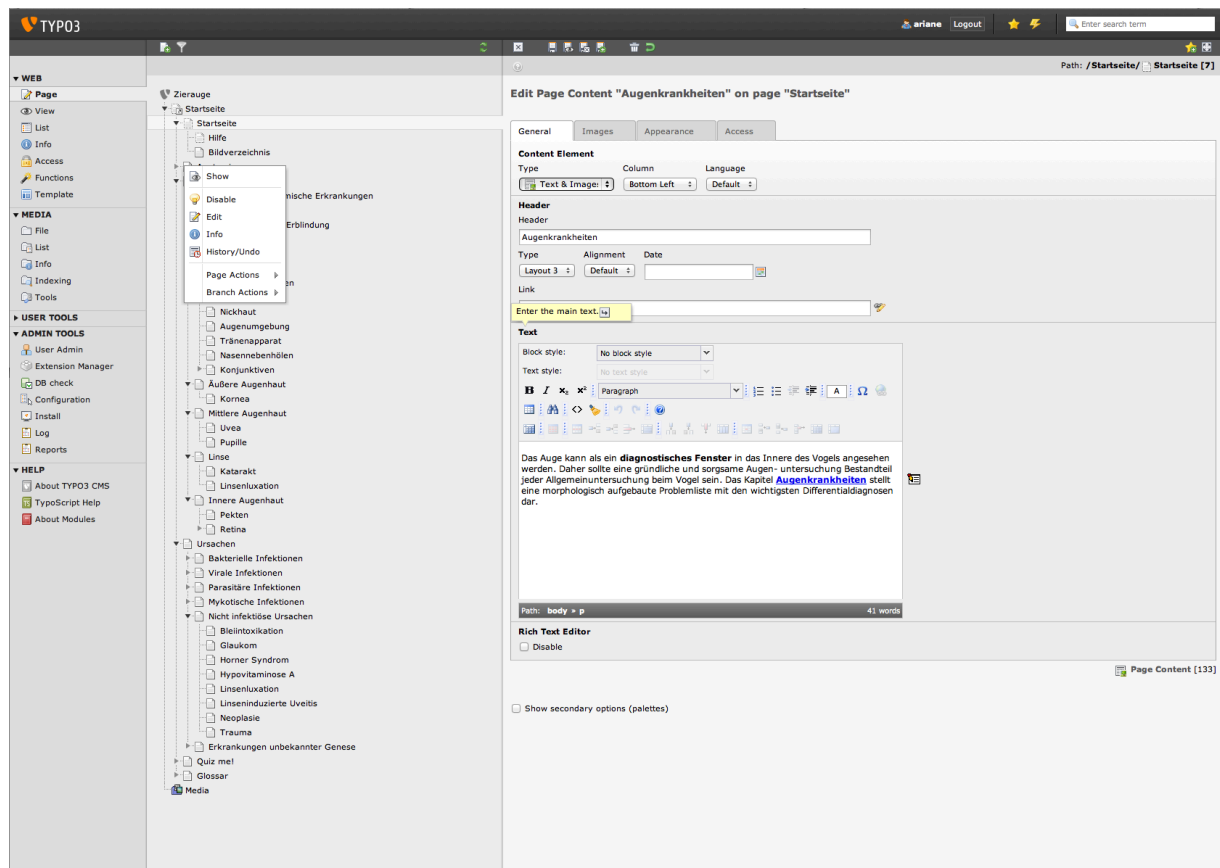


Abbildung 2: Pflege von Texten mit Hilfe des Rich-Text-Editors

Durch Anklicken eines Menüpunkts kann die entsprechende Seite auf der rechten Hälfte der Abbildung bearbeitet werden. Das Format jeder Seite wird über die obere Symbolleiste bestimmt.

Die Eingabe und Formatierung von Texten, Bildern und Grafiken erfolgte direkt in den Text- und Bildfeldern (*Rich-Text-Editor, Objektmanager*). Die Texte können mit einer ähnlichen Menüleiste wie in Word unter der Rubrik *General* bearbeitet werden. Unter den Menüpunkten *Image* und *Appearance* werden die Bilder für die jeweiligen Seiten eingefügt und verändert. Einstellungen wie eine *Lightbox* können durch Aktivierung der entsprechenden Kästchen vorgenommen werden.

Das Frontend stellt dem Nutzer die Inhalt dar und kann mit jedem Browser (Internet Explorer 7 und größer, Mozilla Firefox 10 und größer, Safari 3 und größer und Google Chrome 10 und größer) geöffnet werden.

**Edit Page Content "Formveränderungen der Pupille" on page "Pupille"**

General Images Appearance Access

**Images and Captions**

Images Captions (one per line)

GIF JPG JPEG TIF TIFF BMP PCX TGA PNG PDF AI  
Dateien auswählen Keine Dateien ausgewählt

**Images:**

332  
444

Media  
GIF JPG JPEG TIF TIFF BMP PCX TGA PNG PDF AI

File name: 332.JPG  
File size: 828 KB

File name: 444.JPG  
File size: 0.9 MB

**Behavior**

Enlarge on Click Links (one per line, one link per image)

☒ Enabled

Lightbox ImageSet Presentation Mode Slideshow

☒ ☐ ☐ ☐

**Accessibility**

Alternative Labels (one per line) Titles (one per line)

Long Description URLs (one per line)

Page Content [92]

Abbildung 3: Hochladen der Bilder mit Hilfe des Objektmanagers

**Edit Page Content "Exophthalmus " on page "Exophthalmus"**

General Images Appearance Access

**Content Element Layout**

Layout Top Margin Bottom Margin Indentation and Frames

Default 25 Default Frame

**Image Adjustments**

Width (px) Height (px) Border

200 200 ☐ Enabled

Quality and Type Effect

Default None

**Image Alignment**

Position and Alignment Number of Columns

Below, center 4

Display as Rows Caption Alignment

☐ Deactivate Default

Page Content [114]

☐ Show secondary options (palettes)

Abbildung 4: Zuschneiden und Platzieren der Bilder mit Hilfe des Objektmanagers



Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Zierfische  
LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Anatomie ▾

Krankheiten ▾

Ursachen ▾

Quiz me!

Glossar

## Augenerkrankungen bei Ziervögeln

Ein multimediales Lernprogramm



### Willkommen im Lernprogramm Augenerkrankungen bei Ziervögeln

Erkrankungen der Augen nehmen bei Vögeln eine entscheidende Stellung für das weitere Leben der Tiere ein und sind daher von großer Bedeutung. Dieses Programm soll als Lernhilfe typische Augenerkrankungen der Ziervögel anschaulich erklären und bei der Auswertung von Problemlisten und bei der Diagnosestellung helfen.

- ④ Das Kapitel **Anatomie** beschäftigt sich mit dem Aufbau des Auges. Strukturen und anatomische Eigenarten werden vorgestellt und mit Hilfe von Bildern und Grafiken verdeutlicht.
- ④ Im Kapitel **Krankheiten** werden Veränderungen der Augen morphologisch aufgearbeitet. Die Unterteilung in infektiöse und nicht infektiöse Ursachen sowie in Erkrankungen unbekannter Genese soll dazu beitragen einen Überblick über die verschiedenen Differentialdiagnosen zu erhalten. Das Bildmaterial sowie stichwortartige Beschreibungen sollen dazu beitragen die Krankheiten entsprechend zu ordnen.
- ④ Das Kapitel **Ursachen** teilt die Augenerkrankungen ätiologisch ein. Zu jedem Ursachenkomplex werden neben den ophthalmologischen Befunden weiterführende Informationen (Allgemein, weitere Symptome, Diagnostik, Therapie und Prognose) gegeben.

Zur Überprüfung des Lerneffekts steht ein umfangreiches Multiple Choice Quiz zur Verfügung. Fremdwörter und Fachausdrücke werden darüber hinaus im Glossar beschrieben, farblich im Text markiert und mit einer Kurzdefinition erklärt.



Abbildung 5: Frontend; hier die Startseite des Online-Tutorials

## 7. Ergebnisse

Der Schwerpunkt bei der Erstellung des Tutorials „*Augenerkrankungen beim Ziervogel*“ wurde auf die Übersichtlichkeit und die einfache Handhabung gelegt. Die vielen Verknüpfungen der Seiten sollen ein schnelles Nachschlagen ohne langes Durchklicken durch das Lernprogramm ermöglichen. Dies ist vor allem für praktische Tierärzte im Alltag bei der Erstellung von Diagnosen als auch für Studierende von großer Bedeutung. Gleichzeitig ist es auch möglich, das Lernprogramm systematisch wie ein Buch durchzuarbeiten.

Nach Einlegen des selbststartenden Lernprogramms gelangt der Benutzer zunächst auf die Startseite. Neben einer kurzen Einführung befinden sich hier vier „Teaser“ in Form von vier Papageienvögeln mit den Überschriften „*Einführung*“, „*Bildverzeichnis*“, „*Impressum*“, und „*Hilfe*“. Die Vogelanimationen sollen zur Auflockerung des Lernprogramms dienen und den Nutzer durch das Lernprogramm begleiten.



Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Zierfische  
LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Anatomie ▾ Krankheiten ▾ Ursachen ▾ Quiz me! Glossar

### Augenerkrankungen bei Ziervögeln

Ein multimediales Lernprogramm

#### Willkommen im Lernprogramm Augenerkrankungen bei Ziervögeln

Erkrankungen der Augen nehmen bei Vögeln eine entscheidende Stellung für das weitere Leben der Tiere ein und sind daher von großer Bedeutung. Dieses Programm soll als Lernhilfe typische Augenerkrankungen der Ziervögel anschaulich erklären und bei der Auswertung von Problemlisten und bei der Diagnosestellung helfen.

- Das Kapitel **Anatomie** beschäftigt sich mit dem Aufbau des Auges. Strukturen und anatomische Eigenarten werden vorgestellt und mit Hilfe von Bildern und Grafiken verdeutlicht.
- Im Kapitel **Krankheiten** werden Veränderungen der Augen morphologisch aufgearbeitet. Die Unterteilung in infektiöse und nicht infektiöse Ursachen sowie in Erkrankungen unbekannter Genese soll dazu beitragen einen Überblick über die verschiedenen Differentialdiagnosen zu erhalten. Das Bildmaterial sowie stichwortartige Beschreibungen sollen dazu beitragen die Krankheiten entsprechend zu ordnen.
- Das Kapitel **Ursachen** teilt die Augenerkrankungen ätiologisch ein. Zu jedem Ursachenkomplex werden neben den ophthalmologischen Befunden weiterführende Informationen (Allgemein, weitere Symptome, Diagnostik, Therapie und Prognose) gegeben.

Zur Überprüfung des Lerneffekts steht ein umfangreiches Multiple Choice Quiz zur Verfügung. Fremdwörter und Fachausdrücke werden darüber hinaus im Glossar beschrieben, farblich im Text markiert und mit einer Kurzdefinition erklärt.






Vet. Diss Ariane Ammon - München - © 2013 Ammon & Korbel - Mindestvoraussetzungen - Impressum

Abbildung 6: die Startseite des Online-Tutorials



Die Menüleiste des Lernprogramms ist von jeder Seite aus erreichbar. Sie ist in fünf Abschnitte unterteilt: „Anatomie“, „Krankheiten“, „Ursachen“, „Quiz me!“ und „Glossar“. Durch Anklicken oder „Roll-over“ der Menüpunkte gelangt man zu den jeweiligen Fallmenüs beziehungsweise zu einer entsprechenden Kapitelübersicht.



Abbildung 7: Menüleiste des Programms mit dem jeweiligen Fallmenü

Durch Anklicken des Klinik-Logos gelangt der Benutzer wieder zurück auf die Startseite.



Abbildung 8: zeigt das Kliniklogo, über das man jederzeit zur Startseite zurückkehren kann

Das vorgestellte Programm zeichnet sich durch eine Synthese aus ätiologischer und morphologisch basierter Darstellung des Themas Augenerkrankungen bei Ziervögeln aus.

Der morphologisch aufgebaute Menüpunkt „Krankheiten“ ist ähnlich wie der Menüpunkt „Anatomie“ in die einzelnen Strukturen des Auges unterteilt. Durch Anklicken oder Roll-over der einzelnen Strukturen erscheinen die bei der Augenuntersuchung zu beobachtenden Veränderungen der jeweiligen Augenstruktur. Nach einer kleinen Einführung erfolgt die Unterteilung in infektiöse Ursachen (bakterielle, virale, mykotische und parasitäre), nicht infektiöse Ursachen und Erkrankungen unbekannter Genese. Zu den meisten Ursachen sind stichwortartig nähere Beschreibungen gegeben.





Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Zierfische  
LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Anatomie ▾

Krankheiten ▾

Ursachen ▾

Quiz me!

Glossar

## Krankheiten der Nickhaut

Die Nickhaut der Vögel ist von großer Bedeutung und übernimmt wesentliche Funktionen zum Schutz des Auges. Ein Prolaps kann daher physiologischen als auch pathologischen Ursprungs sein. Häufig treten Erkrankungen in Zusammenhang mit einer Konjunktivitis oder Keratitis auf.



### Infektiöse Ursachen

#### bakteriell

##### ❖ Clostridien:

- ❖ Intoxikation (Botulismus)
- ❖ Lähmung der Muskulatur
- ❖ Vorfall der Nickhaut

##### ❖ Mykobakterien:

- ❖ Granulomen und Knoten auf der Nickhaut

#### parasitär

##### ❖ Trematoden:

- ❖ Ceratospira und Oxyspirura spp. hinter der Nickhaut
- ❖ Schwellungen und Irritationen

#### mykotisch

##### ❖ Candida:

- ❖ weißliche Verdickung der Nickhaut
- ❖ plaqueähnliche Auflagerungen
- ❖ raue Oberfläche mit kleinen Granulaten

### Nicht infektiöse Ursachen

#### physiologisch

- ❖ Schutz der Kornea
- ❖ Refraktäres Element
- ❖ schlechten Allgemeinbefinden
- ❖ schmerzhaften Prozessen am Auge

#### pathologisch

##### ❖ Exophthalmus:

- ❖ Volumenzunahme des Bulbus
- ❖ Retrobulbärer Prozess
- ❖ Vorfall der Nickhaut

##### ❖ Fremdkörper:

- ❖ Fremdkörper (Grassamen) hinter der Nickhaut
- ❖ Vorfall der Nickhaut

##### ❖ Neoplasien:

- ❖ Vorfall der Nickhaut
- ❖ Arten:
  - ❖ Chondrosarkom
  - ❖ myoides Cystadenom
  - ❖ malignes Lymphom



Abbildung 9: morphologische Gliederung der Augenerkrankungen; hier Erkrankungen der Nickhaut

Durch Verlinkungen gelangt man zu den jeweiligen Kapiteln des ätiologischen Menüpunkts, wo eine genauere Beschreibung des Erregers oder des Problems erfolgt. Der ätiologische Menüpunkt ist untergliedert in bakterielle, virale, mykotische und parasitäre Infektionen, in nicht-infektiöse Ursachen und in Erkrankungen unbekannter Ursache. Es finden sich dort allgemeine Informationen und stichwortartige Beschreibungen zu den ophthalmologischen Symptomen, weitere klinische Symptome, Diagnostik, Therapie und Prognose. Das Bildmaterial soll dabei die beschriebenen Sachverhalte dem Nutzer veranschaulichen und insbesondere den Studierende das Einprägen der Krankheitsbilder erleichtern.

## Candida

### I Allgemein

Hefepilze, speziell **Candida albicans**, sind natürliche Bewohner der Schleimhäute des Magen-Darm-Trakt von Vögeln. Infektionen kommt häufig bei **Wellensittichen**, **Weichfressern** und mit der **handaufgezogenen Jungvögeln** (während der Fütterung entstehende Schleimhautverletzungen) vor und betreffen den oberen Verdauungstrakt. Vor allem in den Tropen und in Gebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit kommt es auch zu okularen Infektionen von *Candida albicans*. In unseren Breitengraden treten solche Infektionen meist als **Sekundärinfektion** bei Befall mit Avipoxviren und Staphylokokken auf. Auch die Haltungs- und Umweltbedingungen haben einen großen Einfluss. Die Veränderungen können unterschiedlich stark ausgeprägt sein und in schlimmen Fällen zu einer **Endophthalmitis** führen.



### II Ophthalmologie

- ⌘ **Augenlider**
  - ⌘ kleine Läsionen auf dem 3. Augenlid
  - ⌘ verdickt, paque bis grau
  - ⌘ raue Oberfläche
  - ⌘ Blepharospasmus
- ⌘ **Nickhaut**
  - ⌘ weißliche Effloreszenzen
- ⌘ **Konjunktiven**
  - ⌘ Conjunctivitis erythematosa
  - ⌘ seröser Augenausfluss
  - ⌘ kleine Schleimhautläsionen
- ⌘ **Kornea**
  - ⌘ Keratitis superficialis
  - ⌘ kleine lokale Läsionen
  - ⌘ Ödem
  - ⌘ zelluläre Infiltration
  - ⌘ z.T. Trübung
  - ⌘ grau-weiße plaqueartige Auflagerungen

### III Weitere Symptome

- ⌘ **Allgemeine Symptome**
- ⌘ **Dermatologische Symptome**
  - ⌘ käsige Läsionen im Schnabel Winkel und um die Zunge
  - ⌘ Schnabelveränderungen
  - ⌘ Zungennekrosen

### IV Diagnostik

Das klinische Bild erlaubt meist das Stellen einer Verdachtsdiagnose. Der genaue Nachweis erfolgt durch **Anzüchtung** von Abstrichen auf speziellen Pilzplatten. Die genaue Bestimmung erfolgt durch die **Färbung nach Gram**.

### V Therapie und Prognose


Die Prognose ist **gut bis vorsichtig**. Neben einer **lokalen** antimykotischen Therapie, wird in der Humanmedizin bei einer durch *Candida* ausgelösten Endophthalmitis ein Antimykotikum (z.B. Voriconazol) in den Glaskörper injiziert.



Vor allem für die Selbstevaluierung zur Vertiefung von Lerninhalten wurde ein Multiple Choice Quiz mit 88 Fragen erarbeitet. Ein Übungsquiz besteht dabei aus 25 Fragen, die bei jedem Neustart des Quiz nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden. Die Fragen stammen sowohl aus dem Gebiet der Augenerkrankungen als auch aus der Anatomie. Neben reinen Wissensfragen werden kleine Vorberichte als auch Patientenbilder präsentiert. Das Multiple Choice Quiz soll für die Überprüfung des eigenen Wissenstandes und für die Prüfungsvorbereitung dienen. Dazu wurde das bei Prüfungen übliche Schema von jeweils fünf Antwortoptionen pro Frage mit jeweils einer richtigen Antwort gewählt. Um die Prüfungssituation zu simulieren, wurde ein Zeitlimit von einer Minute pro Frage gesetzt. Nach Ablauf der Zeit kann die Antwortoption nicht mehr verändert werden. Nicht beantwortete Fragen werden als falsch gewertet. Am Ende jedes Quiz erhält der Nutzer einen Überblick über die richtig und falsch beantworteten Fragen. Verlinkungen in den Antwortoptionen mit dem Kapitel „Ursachen“ ermöglichen ein schnelles Nachschlagen und das Schließen von Wissenslücken.

	Frage 1 / 3	Richtig: 0 / Falsch: 0	<a href="#">weiter</a>
<p>Es wird Ihnen eine Salvin's Amazone mit einer hochgradigen Conjunctivitis granulomatosa mit multiplen subkonjunktivalen Granulomen und massiver konjunktivaler Gefäßinjektion vorgestellt. Welche Verdachtsdiagnose stellen Sie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Infektion mit Aspergillus</li> <li><input type="radio"/> Infektion mit Mykobakterien</li> <li><input type="radio"/> Keratitis der Amazonen</li> <li><input type="radio"/> Infektion mit Knemidocoptes pilae</li> <li><input type="radio"/> Infektion mit Amazonenpocken</li> </ul>			
			

Abbildung 11: eine von 88 Quizfragen; hier mit Bild und kleinem Vorbericht



Ihr Ergebnis: Richtig: 1 / Falsch: 24		neues Quiz
✓	<p><b>Bei der Untersuchung des Augenhintergrundes finden sie folgendes Bild vor. Für welche Erkrankung kann dies sprechen?</b></p> <p>Ihre Antwort: Toxoplasma gondii Richtig! Fas vorliegende Bild spricht für eine systemische Infektion mit Toxoplasma gondii.</p>	
✗	<p><b>Es wird Ihnen eine Salvin's Amazone mit einer hochgradigen Conjunctivitis granulomatosa mit multiplen subkonjunktivalen Granulomen und massiver konjunktivaler Gefäßinjektion vorgestellt. Welche Verdachtsdiagnose stellen Sie?</b></p> <p>Ihre Antwort: Infektion mit Amazonenpocken Leider falsch. Es handelt sich dabei nicht um Amazonenpocken, sondern wahrscheinlich um eine Infektion mit Mykobakterien. Mykobakterien verursachen subkonjunktivale Granulome und können sich in dieser Form präsentieren.</p>	
✗	<p><b>Zur Bestätigung der Verdachtsdiagnose Chlamydiose nimmt man einen Dreifach tupfer. Von welche Organen nimmt man Abstriche?</b></p> <p>Ihre Antwort: Nares, Choane, Kloake Falsch! Der Dreifachtupfer wird genommen von:  <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Konjunktiven</li> <li>☞ Choane</li> <li>☞ Kloake</li> </ul> </p>	
✗	<p><b>Was versteht man unter dem Begriff Tapetum lucidum iridis?</b></p> <p>Ihre Antwort: ein irrtümllich vorkommendes Tapetum lucidum Leider falsch! Das Tapetum lucidum iridis ist eine Besonderheit bei Tauben und stellt reflektierenden Iriszysten dar.</p>	
✗	<p><b>Vogelaugen besitzen einen nach anterior-posterior abgeflachten Bulbus. Die vordere Hälfte ist wesentlich stärker gekrümmt als die hintere. Verbunden werden diese beiden Hälften durch ...</b></p> <p>Ihre Antwort: einen fächerförmigen Pekten Leider falsch. Die beiden Hälften werden über einen knöchernen Skleralring miteinander verbunden und gleichzeitig stabilisiert.</p>	
✗	<p><b>Ein natürliches Reservoir für Herpesviren sind ...</b></p> <p>Ihre Antwort: Haus-und Wassergeflügel Leider falsch! Tauben-und Sperlinge stellen ein natürliches Reservoir für Herpesviren dar.</p>	

Abbildung 12: Überblick über die richtig und falsch beantworteten Fragen

Der Menüpunkt „Glossar“ bietet ein alphabetisch geordnetes Nachschlagewerk. Die im Glossar gelisteten Begriffe sind im Lernprogramm farblich markiert. Durch *Roll-over* mit der Maus wird im Text eine Kurzdefinition des Begriffs gegeben. Durch Anklicken des jeweiligen Wortes wird der Nutzer zum Glossar weitergeleitet, wo eine ausführlichere Definition gegeben wird.

indert wird.  
 olge von **Traumata**, **Infektionen** (**Salmonellose**) ,  
 von hinteren **Synechien** oder einer Verlegung der  
 plagerungen von Blut und Entzündungszellen kann  
 inden Druck in der Verwachsungen  
 nen. Auch können  
**usdehnung der v**

auerhafter Lichteinfluss über mehrere Wochen führt  
 achung des iridokornealen Winkels mit Anstieg des  
 Netzhautablösung, Uveitiden, Linsentrübungen und

Abbildung 13: grün markierte Begriffe geben durch roll-over mit der Maus eine Kurzdefinition an

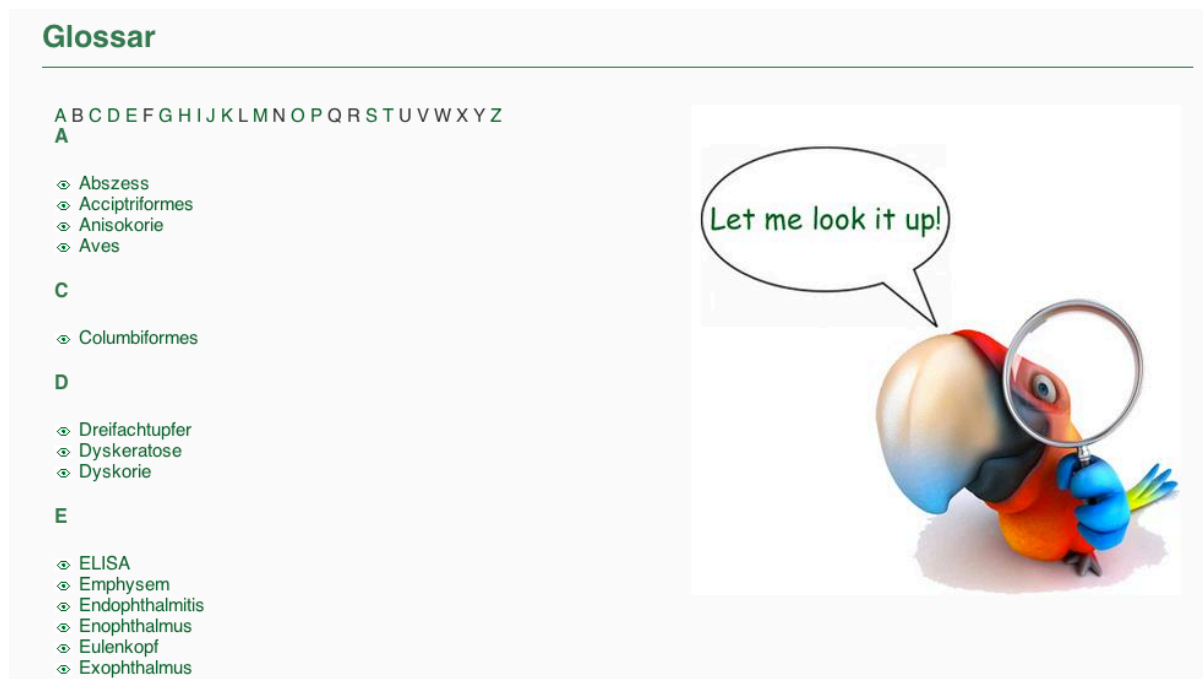


Abbildung 14: alphabetisch sortiertes Glossar

Das Bildverzeichnis stellt das gesamte Fotomaterial des Lernprogramms zusammen. Wie auch das Menü „Krankheiten“ ist es morphologisch aufgebaut. Zu den jeweiligen Bildern werden der Speziesname des Tieres sowohl mit lateinischer als auch mit deutscher Bezeichnung, die morphologischen Veränderungen und die ätiologischen Ursachen (soweit bekannt) angegeben. Diese Zusammenstellung bietet dem Benutzer einen Überblick über die verschiedenen Veränderungen und kann für direkte Vergleiche zum Beispiel mit dem eigenen Patienten herangezogen werden.



## Kornea



Abbildung 15: Bildverzeichnis; morphologische Zusammenstellung des Bildmaterials mit Erklärungen und besonderer Slide-Funktion

Unter dem Menüpunkt „Hilfe“ befindet sich eine Einführung mit Hinweisen zum Programm. Dem Benutzer wird über den Aufbau und die Bedienung des Lernprogramms informiert, so dass das Programm von ihm leicht angewendet werden kann.



Abbildung 16: Erklärungen und Hinweise helfen bei der Bedienung des Programms



**Hier beginnt das Programm:**  
Es besteht die Möglichkeit  
die Lerninhalte wie in einem  
Buch systematisch durch  
zu arbeiten.

Abbildung 17: Erklärungen und Hinweise helfen bei der Bedienung des Programms

Durch Anklicken der Papageien gelangt man zu den entsprechenden Kapiteln:



Abbildung 18: Erklärungen und Hinweise helfen bei der Bedienung des Programms

Ein wichtiger Aspekt des Lernprogramms ist die übersichtliche Strukturierung und das Hervorheben von wichtigen Elementen. Im Text werden besondere Stellen oder Schlüsselwörter optisch als Gedächtnishilfe hervorgehoben.

Das Klinik-Logo sowie das an die Klinik angelehnte Farbkonzept sollen den Ursprung des Lernprogramms und den Zusammenhang mit der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Zierfische unterstreichen.



## 8. Diskussion

Die Augenheilkunde beim Vogel hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem wichtigen Teilgebiet der Vogelmedizin entwickelt und ist dabei immer mehr in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses gerückt.

Dabei gehen die Anfänge der Ornitho-Ophthalmologie weit bis in das Mittelalter zurück: Zu dieser Zeit waren das Wirtschaftsgeflügel sowie vor allem die zur Beizjagd gehaltenen Greifvögel von großer Bedeutung. Erste Beschreibungen von Augenerkrankungen sowie entsprechende Rezeptsammlungen lassen sich im griechischen Handbuch der Falkenkrankheiten aus dem 13.Jh. von Demetrius Pepagónemos finden (Kraenner, 1920). Auch Kaiser Friedrich II. veröffentlichte erste Erkenntnisse über Erkrankungen der Augen in seinem Werk „De arte venandi cum avibus“ (Willemsen, 1969). Bis in die 60er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts hielt man jedoch daran fest, Augenerkrankungen rein deskriptiv darzustellen und der Ätiologie entsprechend einzuordnen. Erst Mitte der 80er Jahre wechselte man auf eine systemisch-morphologische Darstellung der Augenerkrankungen (Murphy, 1984). Gleichzeitig wurde die Ziervogelhaltung immer beliebter, wodurch das klinische Interesse in der Ornitho-Ophthalmologie wuchs (Karpinski und Clubb, 1983, Korbelt, 1991, 1992a, b). 1992 wurden erste Untersuchungsmethoden und – techniken aus der Kleintierophthalmologie auf den Vogelpatienten übertragen und Referenzwerte für die Diagnostik erstellt (Korbelt und Braun, 1999, Korbelt und Leitenstorfer, 1998, Korbelt und Stütz, 1999). Mit der Etablierung eines standardisierten ornitho-ophthalmologischen Untersuchungsgangs von Korbelt 1994 wurde eine gezielte Diagnostik und Therapie von Augenerkrankungen bei Vögeln ermöglicht (Korbelt, 1994a). In den letzten Jahren findet zu dem eine Schwerpunktverlagerung der klinischen Ophthalmologie in Richtung der Sinnesphysiologie statt: Der gesellschaftliche Wunsch nach einer artgerechten Tierhaltung zusammen mit neuen Erkenntnissen über die visuelle Perzeption und die Haltung von Vögeln unter Kunstlicht geben Anlass aktuelle Haltungsformen zu überdenken und zu diskutieren.

Die Ophthalmologie gewinnt beim Vogel neben der Augenheilkunde im engeren Sinn wachsende Bedeutung als Diagnoseinstrument für systemische Erkrankungen beim Vogel. Um dies nutzen zu können, ist ein tiefgreifendes Fachwissen über die Erkrankungen am Auge unerlässlich. Dies ist einerseits eine Herausforderung bei der tierärztlichen Aus- und Fortbildung, andererseits fehlt es bisher an einer bequem nutzbaren Datenbasis, die der Student für das Selbststudium und der Tierarzt bei der Diagnosestellung heranziehen können.

Bei der Entwicklung des vorliegenden Lernprogramms verlangten folgende Aspekte besondere Beachtung:

- Morphologische vs. ätiologische Systematik der Augenerkrankungen
- Interaktives Lernen mit Lernprogrammen
- Prüfen mit der Multiple Choice Methode
- Softwareanforderungen zur Entwicklung eines Lernprogramms

## 8.1 Morphologische vs. ätiologische Systematik der Augenerkrankungen

Bis in die neunziger Jahre wurde in der Vogelmedizin bei der Untersuchung des Auges eine ätiologische Herangehensweise an das Thema Augenerkrankungen gewählt, da sie hauptsächlich für die Erkennung von systemischen Infektionen (vorwiegend beim Wirtschaftsgeflügel) diene. Dies steht den Gewohnheiten der Kleintierophthalmologie gegenüber, wo Erkrankungen morphologisch dargestellt werden.

In den letzten zwanzig Jahren wuchs durch das zunehmende wissenschaftliche Interesse an diesem Fachgebiet das Bedürfnis, die Augenheilkunde der Vögel den üblichen Standards der Kleintierophthalmologie anzupassen. Die Kleintierophthalmologie bietet Tierärzten und Studierende eine Reihe von Standardwerken, in denen die Augenerkrankungen morphologisch dargestellt und bildlich dokumentiert werden. Für die Ornitho-Ophthalmologie liegen solche Standardwerke bislang nicht vor. Erkrankungen des Auges werden in allgemeinen Werken zu Erkrankungen von Ziervögeln und Wirtschaftsgeflügel mit abgehandelt.

Bei den Vorüberlegungen zu diesem Projekt kam die Frage auf, ob das Lernprogramm dem Vorbild der Kleintierophthalmologie einer rein morphologischen Darstellung der Augenerkrankung folgen oder ob eine duale Herangehensweise in Form einer morphologischen und ätiologischen Systematik gewählt werden sollte.

Die morphologische Systematik beschäftigt sich mit den Veränderungen der einzelnen okularen Strukturen. Diese Herangehensweise ist vor allem für die Praxis von großem Nutzen, da für die einzelnen Veränderungen der Augenstrukturen in Form von Photographien eine differentialdiagnostische Liste angeboten wird. Diese erlaubt dem Tierarzt ein vereinfachtes Erstellen von Diagnosen. Trotz der Hilfestellung durch das Lernprogramm muss der Tierarzt dennoch selber entscheiden, welche Erkrankungsursache für seinen Patienten am ehesten zutrifft und welche diagnostische und therapeutische Maßnahme unter den gegebenen Umständen zu ergreifen sind.

Studierende der Tiermedizin, die sich zum ersten Mal mit dem Thema Augenerkrankungen beim Vogel beschäftigen, werden voraussichtlich den Einstieg über die ätiologische Systematik wählen. Hier werden die Augenerkrankungen anhand ihrer Erreger vorgestellt. Es wird dabei zwischen infektiösen (bakteriellen, viralen, parasitären und mykologischen) und nicht-infektiösen (iatrogen und unbekannter Genese) Erkrankungen unterschieden. Die einzelnen Kapitel zu den Erregern sind dabei benutzerfreundlich aufgebaut: Zur Einordnung des Erregers werden die notwendigen allgemeinen Informationen geliefert. Danach werden stichwortartig die ophthalmologischen Befunde genannt. Zur Erweiterung des Gesamtbildes werden auch weitere Symptome, die ausgelöst werden können, erläutert. Dies soll Studierenden helfen, gedankliche Verbindungen zwischen der Ophthalmologie und der allgemeinen Erkrankungslehre zu knüpfen. Sowohl für den Studierenden als auch für den praktischen Tierarzt werden anschließend Vorschläge zur Diagnostik und Therapie gegeben.

Um sich bei der Nutzung des Programms nicht für einen der beiden Ansätze entscheiden zu müssen, wurde versucht, beide Systematiken miteinander zu verbinden. Dazu wurde in das

Programm eine Reihe von Verlinkungen eingebaut, die einen schnellen Wechsel zwischen den Kapiteln ohne Umweg über das Hauptmenü ermöglichen. So kann sich der Tierarzt bei der Konsultierung der differentialdiagnostischen Liste schnell über weitere Symptome des Erregers und über weitere diagnostische oder therapeutische Vorschläge informieren. Ebenso wird es dem Studierenden ermöglicht, sich bei der Bearbeitung eines Erregers durch einfaches Anklicken einen Überblick über weitere Verursacher derselben Symptomatik zu verschaffen.

Durch die Wahl einer dualen Herangehensweise wurde nicht nur das Gebiet der Ornitho-Ophthalmologie ausführlich aufgearbeitet, sondern es wurde darüber hinaus die besondere Bedeutung des Vogelauges als Diagnoseinstrument hervorgehoben. Außerdem erlaubt dieser Aufbau den Ansprüchen von Tierärzten und Studierenden an das Lernprogramm gerecht zu werden und schafft so für beide Zielgruppen ein attraktives Programm.

## **8.2 Interaktives Lernen mit Lernprogrammen**

Computerbasiertes Lernen ist in den letzten Jahren immer beliebter geworden, so dass spezielle Lernprogramme für Schulen und Universitäten entwickelt wurden. Ziel ist es, den sonst üblichen Frontalunterricht durch verschiedene Medien und Präsentationen sinnvoll zu unterstützen. Diese neue Form des Lernens findet jedoch nicht nur positive Zustimmung, sondern gelegentlich auch Kritik. Es wird behauptet, dass durch computerbasiertes Lernen kein fundiertes Wissen mehr aufgebaut werde, sondern dass allein der Spaßfaktor zähle. Deswegen ist es wichtig, auf hohe Qualitätsstandards zu achten.

Der größte Vorteil interaktiver Lernprogramme besteht darin, abstrakte Inhalte den Schülern und Studierenden besonders anschaulich darzustellen, so dass die Inhalte leichter aufgenommen werden können. Anders als bei einem Buch wird Fachwissen abwechselnd in Form von Texten, Filmen und Animationen geliefert. Es werden dadurch mehrere Sinne angesprochen und das Lernen vereinfacht. Quizfragen und kleine Wissensspiele lockern dabei zusätzlich den Lernprozess auf und bieten gleichzeitig eine effektive Lernkontrolle. Das Einbringen von kleinen Extras wie Animationen erhöht zudem die Motivation und den Spaß am Lernen. Gerade der interaktive Einbezug des Lernenden sowie die mögliche räumliche und zeitliche Unabhängigkeit machen Lernprogramme für den Nutzer äußerst attraktiv. So kann jeder selbstständig den Lernzeitpunkt und das individuelle Lerntempo bestimmen. Darüber hinaus fällt durch die Möglichkeit der beliebigen Wiederholung von Lerninhalten der Druck weg, Inhalte gleich beim ersten Hören verstehen zu müssen.

Lernprogramme können und sollen Lehrer oder Dozenten nicht ersetzen. Anders als ein Lehrer sind Lernprogramme nicht in der Lage, Verständnisprobleme zu diagnostizieren und gegebenenfalls durch alternative Herangehensweisen zu beheben. Es gibt zudem für den Lernenden keinen direkten Ansprechpartner und auch keinen direkten Austausch mit anderen Studierenden, was zur Isolation und zur Vereinsamung führen kann. Ferner setzt autodidaktisches Lernen ein hohes Maß an Selbstdisziplin und Eigeninitiative voraus. Vom Lernenden wird nicht nur verlangt, seine Zeit

selbstständig einzuteilen, sondern sich auch nicht durch Animationen und Lernspiele ablenken zu lassen. Kritiker befürchten zudem, dass durch die ständige Versuchung, Kapitel zu überspringen und durch die gezielte Auswahl des Lernstoffs das „Rosinen picken“ gefördert wird und dadurch Wissenslücken geradezu vorprogrammiert werden.

Der Umgang mit computerbasierten Lernprogrammen erfordert Basiskenntnisse in der Bedienung eines PCs, die heute aber meist voraus gesetzt werden können. Darüber hinaus macht die effektive Nutzung der Programme meist eine anfängliche Benutzereinführung sowie eine Eingewöhnungszeit erforderlich.

Bei der Erstellung des vorliegenden Lernprogramms wurde darauf geachtet, die beschriebenen Nachteile möglichst zu minimieren. Die zu erwartenden Ansprüche von Studierenden und Tierärzten an das Lernprogramm wurden in den Mittelpunkt gestellt. Ziel war es, beiden Gruppen das geballte Wissen über die Augenheilkunde beim Vogel übersichtlich und mit motivierenden multimedialen Darstellungen näher zu bringen. Das erwähnte „Rosinen picken“ von Wissen wird in diesem Lernprogramm nicht zum Nachteil sondern zu einer erwünschten Option unter bestimmten Umständen in der tierärztlichen Praxis, denn neben der systematischen Darstellung kann das Lernprogramm auch als Nachschlagewerk dienen. Das Lernprogramm soll jedoch eigene fachliche Erfahrungen oder praktische Demonstrationen nicht ersetzen. Ziel ist allein, Tierärzte und Studierende zu unterstützen und ihnen eine Hilfestellung im Alltag zu bieten.

### **8.3 Prüfen mit der Multiple Choice Methode**

Multiple Choice Prüfungen haben gerade an den Universitäten immer mehr an Beliebtheit gewonnen. Gerade das Image einer „schnellen“ und „effektiven“ Prüfmethode hat zu ihrer Verbreitung beigetragen, obwohl diese Form der Prüfung häufig in der Kritik steht und ihre Konzepte hinterfragt werden.

Der klare Vorteil dieser Prüfungsart liegt in ihrer einfachen Auswertbarkeit und in der Möglichkeit, diese zu automatisieren. Dadurch können Multiple Choice Fragen nicht nur bei schriftlichen Prüfungen eingesetzt werden, sondern auch zur Selbstüberprüfung des eigenen Wissens nach erfolgreicher Arbeit mit einem Lernprogramm herangezogen werden. Diese Art von „Wissensspielen“ machen darüber hinaus Lernprogramme attraktiver und erhöhen die Akzeptanz unter Schülern und Studierende.

Der Einbau eines solchen Quiz in das vorliegende Lernprogramm ist daher unabdingbar, um den Ansprüchen von Studierenden an ein solches Programm gerecht zu werden. Dies stellt jedoch gleichzeitig eine Herausforderung dar: Ziel soll es sein ein qualitativ hochwertiges Quiz zu schaffen, das den Lerneffekt erhöht, aber einfachem „Klick-Spielen“ entgegen wirkt.

Ein wesentlicher Qualitätsfaktor ist dabei die Anzahl der Quizfragen. Um dem Wissensumfang des Programms gerecht zu werden, wurde eine Spannbreite von 80 bis 100 Quizfragen angestrebt. Gleichzeitig werden die Fragen bei jedem Neustart des Programms neu „durchmischt“. Ziel ist es,

Studierende immer wieder neue Kombinationen von Quizfragen zu präsentieren. Die veränderte Reihenfolge sowohl der Fragen als auch der einzelnen Antwortoptionen soll dabei das einfache Auswendiglernen von Antworten und automatisches Anklicken verhindern.

Das Fragekonzept von fünf Antwortmöglichkeiten mit einer richtigen Antwort entspricht dem der schriftlichen Staatsexamensprüfungen. So können sich Studierende bereits während der Vorbereitung an diesen Fragetyp gewöhnen. Auch das Prüfen unter Zeitdruck kann mit Hilfe dieses Quiz erlernt werden. Um den Lerneffekt zu verstärken und keine Frustration während des Quiz aufkommen zu lassen, wird nicht nur die Antwort „Richtig“ oder „Falsch“, sondern immer auch eine ausführliche Rückmeldung gegeben. Verlinkungen zu den einzelnen Kapiteln des Lernprogramms ermöglichen überdies ein schnelles Schließen von Wissenslücken, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass trotz Anklicken der richtigen Lösung immer alles verstanden wurde. Darüber hinaus verstärkt wiederholtes Lesen der richtigen Antwort den Lernerfolg. Durch diese Maßnahmen soll das Entstehen von einfachen „Klick-Spielen“ verhindert und Langeweile und Ermüdung vorgebeugt werden.

Die große Herausforderung von Multiple Choice Prüfungen ist die richtige Fragestellung. Ein großes Risiko liegt darin, dass die Quiz-Fragen häufig nicht eindeutig formuliert sind oder durch Raten oder durch die Hilfe von Faustregeln gelöst werden können. Um dieses Risiko zu umgehen, wurden die Quiz Fragen des Lernprogramms einer Checkliste unterzogen:

Zunächst wurde überprüft, ob die Fragen auch ohne die Antwortoptionen beantwortet werden können. Dadurch wird gesichert, dass die Fragen klar und eindeutig gestellt sind. Die typische Faustregel, *„Von fünf Antworten ist Antwort d) die richtige“* wird umgangen, indem das Programm bei jedem Start die Fragen und Antwortoptionen neu durchmischt. Hinweise wie *„Die längste Antwort ist die Richtige“* werden vermieden, indem alle Antwortoptionen homogen gehalten sind. Des Weiteren wurde überprüft, ob Wörter wie *„nie“* und *„immer“*, die meist auf eine falsche Antwort hinweisen, vermieden werden und Fachbegriffe nicht nur in der richtigen Antwort vorkommen.

Ein wichtiger Aspekt für das richtige Stellen von Multiple Choice Fragen liegt in der Anzahl der Antwortoptionen. Die verbreitete Ansicht, eine große Zahl von Antwortoptionen mache die Fragen schwerer, ist jedoch falsch. Es ist im Grunde ausreichend, wenn alle Antwortoptionen dem Prüfling relevant und plausibel erscheinen. Sollten bei fünf möglichen Antwortoptionen zwei als offensichtlich falsch oder unlogisch erscheinen, führt dies nur zu Verwirrungen. Es wäre daher professioneller, in solchen Fällen nur drei gute Antwortoptionen zu wählen.

Die Ausarbeitung von guten Multiple Choice Prüfungen ist eine anspruchsvolle Aufgabe und ist dabei ähnlich zeitintensiv wie herkömmliche Prüfungen. Der Unterschied liegt jedoch in der Zeitverteilung: Multiple Choice Prüfungen benötigen mehr Zeit für die Ausarbeitung der Fragen, herkömmliche Prüfungen eher für die Korrektur.

Um gute Multiple Choice Prüfungen abzuhalten ist es sinnvoll, alle Prüfungsfragen vorab mit Hilfe einer Checkliste einer Überprüfung zu unterziehen. Würden die Fragen von Multiple Choice Prüfungen regelmäßig kritisch auf ihre Eindeutigkeit, versteckte Lösungsansätze und Irreführung überprüft, gäbe es weniger Kritik an diesem Verfahren. Hilfreich für die Entwickler solcher Prüfungen können auch Kurse und Seminare zum Erlernen der richtigen Fragestellung sein.

Ein weiterer Punkt, der überdacht werden sollte, ist die Anzahl der Antwortoptionen. Bei der Ausarbeitung der Quizfragen stößt man häufig auf das Problem, nicht genügend attraktive und plausible Antwortoptionen zu finden. Es ist daher zu überdenken, ob das Niveau und die Akzeptanz von Multiple Choice Prüfungen durch die Reduzierung der Antwortoptionen von fünf auf drei gesteigert werden könnte.

## 8.4 Softwareanforderungen zur Erstellung des Lernprogramms

Bei der Planung des Projekts stellte sich zunächst die Auswahl eines geeigneten Programms als schwierig dar. Dies lag zum einen daran, dass der Markt eine Reihe von Softwareprogrammen zur Erstellung von multimedialen Lernprogrammen wie *Director* (Adobe), *Mediator 9* (Matchware) oder *Typo3* (open source) anbietet, diese sich jedoch in ihrer Handhabung sowie in ihrer Funktionalität deutlich voneinander unterscheiden.

Um die Vor- und Nachteile der Programme abzuwiegen und sich für die ideale Software zu entscheiden, wurde ein Anforderungskatalog erstellt:

Die wichtigste Forderung lag in einer benutzerfreundlichen Bedienung, die nach einer kurzen Einarbeitung leicht verständlich sein sollte. Dafür sollten Hilfsmittel wie Fachbücher, Online Tutorials oder Experten für das Programm zur Verfügung stehen. Damit das Programm für die Nutzer gut zugänglich ist, wurde ebenfalls Wert auf ein plattformunabhängiges System gelegt. Der Nutzer soll ohne Zusatzinstallationen wie Bootcamp oder Parallels das Lernprogramm mit Windows oder Mac in Betrieb nehmen können.

Vorteilhaft wäre darüber hinaus das Vorhandensein von Formatvorlagen (oder auch Templates), die das sonst komplizierte Programmieren von Menüleisten und Fallmenüs erleichtern würden.

Für die Erstellung des Programms als auch für die späteren Aktualisierungen der Inhalte ist es besonders wichtig, dass Inhalte (Daten, Texte und Bilder) einfach und zeitsparend gepflegt werden können. Gerade in einem noch jungen Gebiet wie der Ornitho-Ophthalmologie ist dieser Aspekt bedeutsam, da in diesem Fachgebiet laufend weitere Forschungsergebnisse erwartet werden und die Inhalte dann leicht dem neusten Stand der Wissenschaft angepasst werden können.

Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die einfache Umsetzung des Konzepts des Lernprogramms. Um einen hohen Lernerfolg zu erzielen und ein schnelles Abrufen von Wissen zu ermöglichen, werden mehrere Ebenen vorausgesetzt. Diese sind notwendig, um den Einbau von Verknüpfungen zwischen den Seiten und ein schnelles Wechseln der Kapitel zu ermöglichen.

Nach gründlicher Recherche und Vergleichen zwischen den einzelnen Anbietern wurde das Lernprogramm mit der Software Typo3 erstellt. Das open source Programm entspricht den oben genannten Anforderungen und bietet darüber hinaus noch einige nützliche Extras.

Die Entscheidung fiel gegen *Director* von Adobe, da die Anzahl der Ebenen in Verbindung mit den Verknüpfungen unter den Seiten, die das Konzept voraussetzt, sich kaum umsetzen lassen. Darüber hinaus handelt es sich gerade bei diesem Programm um ein „starres System“. Nach Fertigstellung der CD wäre es nur unter vermehrten Aufwand möglich, die Inhalte zu aktualisieren. Dazu wären

weitreichende Computerkenntnisse vor allem in der Programmiersprache nötig. *Mediator 9* von Matchware entspricht in einigen Punkten den Ansprüchen, ist jedoch ein reines Windows Programm. Tierärzte oder Studierende, die mit einem Mac arbeiten, hätten das Lernprogramm nur in Kombination mit *Parallels* oder *Bootcamp* nutzen können.

Mit TYPO3 wurde ein professionelles Programm gewählt, das ein „lebendes System“ darstellt, leicht aktualisierbar ist und den oben genannten Ansprüchen genügt. Das Lernprogramm wird zunächst in Form einer HTML-Seite erstellt, die nach Fertigstellung auf eine CD gebrannt werden kann. Die gleichzeitige Internetpräsenz entspricht darüber hinaus dem modernen Trend, da über das Internet eine mobile Variante des Lernprogramms geliefert wird. So können Tierärzte und Studierende jederzeit vom *Smartphone* oder vom *Tablet* auf das Wissen zugreifen. Die Sicherung der Inhalte vor unbefugten Zugriffen über das Internet wird über Passwörter gewährleistet. Auch kann die Internetseite leicht in das E-learning Programm der Universität integriert werden und so für Rotationsstudenten der Klinik zur Vorbereitung von Kursen zur Verfügung gestellt werden. Für die Zukunft würde sich eventuell die Ausarbeitung eines *Apps* für Smartphones und Tablet-Computer anbieten, die sowohl die „*Augenuntersuchung beim Vogelpatienten*“ als auch das Lernprogramm „*Augenerkrankungen beim Ziervogel*“ verbindet.

## 9. Zusammenfassung

### *„Augenerkrankungen bei Ziervögeln – ein online Tutorial*

Die Augenheilkunde beim Vogel hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem wichtigen Teilgebiet der Vogelmedizin entwickelt und ist dabei immer mehr in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses gerückt. Gerade die Besonderheit, dass Erkrankungen des Auges häufig okuläre Manifestationen von Systemerkrankungen darstellen, hat diesem Gebiet eine enorme Bedeutung beigemessen. Ein weiterer Schwerpunkt der Ornitho-Ophthalmologie wurde zu dem durch die neuen Erkenntnissen aus der Sinnesphysiologie über die visuelle Perzeption und die Geflügelhaltung unter Kunstlicht gesetzt. Diese geben Anlass, aktuelle Haltungsformen, darunter speziell die Aspekte der Lichtintensität sowie der Flackerfreiheit von Kunstlicht neu zu überdenken und zu diskutieren.

Mit der vorliegenden Arbeit werden erstmalig die Erkrankungen des Auges morphologisch und ätiologisch zusammengeführt, neue Erkenntnisse der Forschung integriert, bildlich dokumentiert und mit modernen Methoden der Informationstechnik zugänglich gemacht.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf Basis eines interaktiven Lernprogramms einen Gesamtüberblick über die Augenerkrankungen beim Vogel zu geben, wobei eine duale Herangehensweise in Form einer ätiologischen und einer morphologischen Systematik Studierende der Tiermedizin beim Selbststudium und bei der Prüfungsvorbereitung sowie praktischen Tierärzten bei der Diagnosestellung und bei Weiterbildungen als Hilfsmittel dienen soll. Das Gebiet der Ophthalmologie soll mit diesem Lernprogramm für sie leichter erlernbar und das Stellen von Diagnosen mit Therapievorschlügen vereinfacht werden. Zu diesem Zweck werden typische Augenerkrankungen von Ziervögeln systematisch und problemorientiert vorgestellt.

Die Realisierung des Lernprogramms erfolgte mithilfe des Cross-Plattform-Programms Typo3, einem Content-Management-Systems, das vornehmlich zu Erstellung von interaktiven, multimedialen HTML-Seiten genutzt wird. Die für das vorliegende Lernprogramm ausgearbeiteten Konzepte und Lernziele wurden auf der Programmieroberfläche (*Backend*) umgesetzt. Ein Schwerpunkt bei der Erstellung des Lernprogramms wurde auf die Übersichtlichkeit und die einfache Handhabung gelegt. Das Programm bietet sowohl die Möglichkeit das Lernmaterial systematisch durchzuarbeiten als auch ein schnelles Nachschlagen durch das Einfügen von Verknüpfungen zwischen den einzelnen Seiten. Dadurch sollen sowohl Einsteiger als auch Experten der Ophthalmologie das Lernprogramm gemäß ihres eigenen Wissenstandes und ihrer aktuellen Bedürfnisse nutzen können.

Das vorliegende Lernprogramm *„Augenerkrankungen beim Ziervogel – ein multimediales Lernprogramm“* bietet dem Anwender die Möglichkeit interaktiv und mit Hilfe moderner Methoden der Informationstechnik das Thema Augenerkrankungen systematisch zu erarbeiten. Die Lerninhalte werden durch Bildmaterial aus einem Zeitraum von 20 Jahren unterlegt und können mit Hilfe eines Multiple Choice Quiz abgefragt werden. Der Hauptteil des Programms stellt die morphologische und ätiologische Systematik der Augenerkrankungen von Ziervögeln dar. Dazu wurden beide Themen einzeln aufgebaut und erarbeitet und anschließend durch Verlinkungen miteinander verknüpft.



Zum ersten Mal werden durch das vorliegende Lernprogramm Augenveränderungen bei Ziervögeln ausführlich beschrieben, bildlich dokumentiert und mit interaktiven Methoden dargestellt. Es werden dabei infektiöse (Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten) sowie iatrogene Ursachen als auch Erkrankungen unbekannter Genese und neue Forschungsergebnisse in die Zusammenstellung mit einbezogen. Das Lernprogramm stellt somit eine Fortsetzung zu der Arbeit *„Augenuntersuchung beim Vogel – eine interaktive CD-Rom zum Erlernen des ophthalmologischen Untersuchungsganges“* von Dr. Nadine Bohnet (Bohnet, 2007) dar. Die Kombination beider Lernprogramme ermöglicht einen ausführlichen Überblick über die Erkrankungen des Vogelauges, so dass auch Ophthalmologen für Kleintiere sich in Zukunft mit dem Patient Ziervogel auseinander setzen oder sich im Sinne postgradualer Fortbildungen weiterbilden können. Das breit angelegte Multiple Choice Quiz bietet überdies eine ausgezeichnete Prüfungsvorbereitung und ist ein effektives Hilfsmittel zur Überprüfung des eigenen Wissenstandes.

Da interaktive Lernprogramme heutzutage aus Schulen und Universitäten für das Selbststudium, die Weiterbildung und die Prüfungsvorbereitung nicht mehr wegzudenken sind, stellt diese Arbeit einen vielseitig nutzbaren Beitrag zur studentischen und postgradualen Ausbildung zur Erarbeitung von nationalen Zusatzbezeichnungen der Tierärztekammern und von internationalen ophthalmologischen Residencyprogrammen (European College of Veterinary Ophthalmology) dar. Das Online-Tutorial *„Augenerkrankungen bei Ziervögeln“* wird zudem durch die bevorstehende Novellierung des Fachtierarztes für Augenheilkunde als Basis für die Aus- und Weiterbildung zusätzliche Relevanz gewinnen.

Durch den interaktiven Aufbau und die flexible Vermittlung von Informationen und Wissen für die Aus-, Fort- und Weiterbildung will diese Arbeit ein wichtiger Meilenstein für die Ornitho-Ophthalmologie und die Vogelmedizin im Allgemeinen sein.

## 10. Summary

### ***“Eye diseases in pet birds – an online tutorial”***

Over the last two decades ophthalmology in birds has developed into a major area of avian medicine and found itself in the centre of research interest. The fact that ocular disorders in birds often are manifestations of systemic diseases has drawn special interest to that field. Even more emphasis was put on the field of avian ophthalmology due to new findings in visual perception and poultry farming under artificial lighting. This could stimulate a discussion on artificial lighting (light intensity, flickering) and for poultry farming in general.

This work summarizes, for the first time, eye diseases in pet birds morphologically as well as etiologically, integrates new scientific findings, visualizes them and is accessible through modern instruments of information technology.

The purpose of this presentation is to provide an overview of avian eye diseases on the basis of an interactive learning program, following a dual approach of a morphological and an etiological classification which is supposed to help veterinary students in their home studies and exam preparations as well as veterinary surgeons to establish a tool for diagnosis and to help them in their further qualification. With the help of this program, studies in the field of ophthalmology and the establishment of a diagnosis together with a therapy plan will be facilitated. To this end, typical eye diseases in pet birds are presented systematically and problem orientated.

The learning software was generated with the help of the cross-platform-program Typo3, an open source program most used to create interactive multimedia HTML- pages. The concepts and learning targets, which were specifically designed for this learning program, are accessible through the surface of this program (backend). While creating this program, emphasis was put on clarity and easy handling. It is possible to run through the program systematically and, thanks to links between the pages, to use it for quick research. Hence, beginners as well as professionals can make use of this program according to the level of their own knowledge and to their specific needs.

The presented learning program “eye diseases in pet birds – an online tutorial” allows the user to work systematically through the topic by using interactive methods and new information technology. The learning material has been illustrated with photographs taken over the last 20 years and it can be activated with the help of a multiple-choice quiz. The main part of the program presents the morphological and etiological systematic of ocular diseases in pet birds. Therefore, both systems were elaborated and prepared separately before the pages could be linked together.

For the first time, avian eye diseases are described in an interactive learning program; it documents ocular changes visually and uses interactive methods. The program covers infectious (bacterial, viral, fungal and vermin) and iatrogenic causes as well as diseases of unknown origin and new scientific results. This learning program is therefore a continuation of the work *“Ophthalmological examination of the avian eye – an interactive learning program”* by Dr. Nadine Bohnet (Bohnet, 2007).

The combination of the two learning devices allows a detailed overview of avian eye diseases and may even allow small animal ophthalmologists to treat pet birds as their patients or to use the program for further qualifications. Moreover, the multiple-choice quiz provides excellent exam preparation opportunity and is an effective means for testing one's own knowledge.

As interactive learning programs have become indispensable for schools and universities for self-studies, in-depth studies and exam preparations, this work can serve as a contribution for student and postgraduate training, within the national frameworks of veterinary associations or for international ophthalmological residency programs like the European College of Veterinary Ophthalmology. Due to its interactive design and the flexible access to information and knowledge for all types of training purposes, this work will hopefully serve as a steppingstone for ornithophthalmology and avian medicine in general.

## 11. Résumé

### **« Les maladies oculaires des oiseaux domestiques – un didactiel interactif »**

Pendant les années passées l'ophtalmologie est devenue une partie importante de la médecine d'ornithologique et elle a été mise en évidence de l'intérêt scientifique. Surtout l'exception des maladies de l'oeil qui affichent souvent des manifestations oculaires de maladies systémiques a donné une signification énorme à cette manière.

Le travail présenté réunit pour la première fois les maladies oculaires morphologiquement et étiologiquement, des nouvelles connaissances de la science sont intégrées, documentées figurativement et elles sont accessibles par les méthodes de la technique d'information. Le but de ce travail est de donner une vue d'ensemble des maladies oculaires de l'oiseau par la base du didactiel interactif apportant une approche duale en forme d'une systématique étiologique et morphologique ainsi qu'aux étudiants de la médecine vétérinaire alors que les études sans professeur et pendant la préparation d'épreuve, mais encore aux médecins vétérinaires pratiques comme aide de diagnose et pour la formation continue. Ce didactiel doit faciliter tout l'apprentissage dans le domaine de l'ophtalmologie et établir les diagnostics avec le concours d'une proposition de thérapie. Pour atteindre cette cible, les maladies oculaires des oiseaux domestiques sont présentes systématiquement et en toute connaissance des problèmes.

La réalisation s'est produite avec le concours du programme Typo3 qui est un programme « opensource » qui est utilisé essentiellement pour la construction de pages « HTML interactives et multimédiales ». Les brouillons et les objectifs éducatifs qui ont été élaborés pour le didactiel existant ont été appliqués sur la surface programmée « Backend ». La clarté et une facile utilisation étaient des priorités pendant la réalisation du didactiel. Le programme donne non seulement la possibilité d'étudier le matériel d'études à fond, mais aussi de consulter l'ouvrage rapidement par l'insération des liens entre les pages. De cette façon autant les débutants que les experts de l'ophtalmologie peuvent utiliser ce programme conformément à leur savoir et leurs désirs.

Le didactiel présentant "Les maladies oculaires des oiseaux domestiques – un didactiel interactif" offre la possibilité aux utilisateurs d'acquérir systématiquement ses connaissances sur le sujet des maladies oculaires par des méthodes interactives et les techniques de l'information. Les contenus des études sont mis en dessous des images durant une période de 20 ans et ils peuvent être interrogés par un questionnaire à choix multiple. La partie majeure du programme est représentée par la systématique morphologique et étiologique des maladies oculaires de l'oiseau domestique. Pour ceci les deux sujets ont été organisés et acquis séparément et ils sont réunis ensemble.

Pour la première fois les maladies oculaires de l'oiseau domestique sont décrites en détail, documentées en images et représentées avec des méthodes interactives par le didactiel présenté. Les causes infectieuses (comme les bactéries, les virus, les mycoses ou les parasites), ainsi que les causes iatrogènes, mais aussi les maladies de genèse inconnues et les nouveaux résultats de la recherche scientifique sont impliqués dans l'établissement. Le didactiel est une suite du travail du Dr. Nadine Bohnet en 2007 (« *Augenuntersuchung beim Vogel* »). La vue d'ensemble détaillée sur

les maladies de l'oeil de l'oiseau permet aux ophtalmologistes d'animaux de compagnie de se placer séparément avec le patient, l'oiseau domestique, ou alors de compléter sa formation sous forme de formation continue postgraduale. Le questionnaire à choix multiple de grande envergure permet de plus une préparation excellente pour l'épreuve d'examen et est aussi une aide pour contrôler son niveau de connaissance.

Ne pouvant plus imaginer de se passer des didactiels interactifs pour les études sans professeur, la formation continue et la préparation d'épreuve dans les écoles ou les universités, le travail présenté interprète un rôle très utile pour la formation estudiantine et postgraduale au sujet de l'élaboration de désignations ajoutées des conseils de l'ordre des vétérinaires et des programmes ophtalmologiques internationaux de résidence (European College of Veterinary Ophthalmology). Grâce à la composition interactive et la transmission flexible d'information et de savoir pour la formation en général, la formation continue et la formation permanente, ce travail veut être une date clé et fondatrice pour l'ornitho-ophtalmologie et la médecine d'ornithologique dans l'ensemble.

## 12. Literaturverzeichnis

1. ABRAMS, G.A., PAUL-MURPHY, J., et al. MURPHY, C.J. 2002. Conjunctivitis in birds. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 5, 287-309.
2. ALEXANDER, D.J., et al. ALLAN, W.H. 1974. Newcastle disease virus pathotypes. *Avian Pathol*, 3, 269-278.
3. ANDERSON, G.A., et al. BUYUKMIHCI, N. 1983. Phacoanaphylactic endophthalmitis in an owl. *Vet Pathol*, 20, 776-778.
4. ASHTON, W.L., PATTISON, M., et al. BARNETT, K.C. 1973. Light-induced eye abnormalities in turkeys and the turkey blindness syndrome. *Res Vet Sci*, 14, 42-46.
5. BARR, B.C., MURPHY, C.J., GHAZIKHANIAN, G.Y., et al. 1988. Cataracts and optic nerve hypoplasia in turkey poults. *Avian Dis*, 32, 469-477.
6. BAUCK, L. 1989. Three Treatment Protocols for Cockatiel Conjunctivitis. *Proceedings Association of Avian Veterinarians*.
7. BERHANE, Y., SMITH, D.A., NEWMAN, S., et al. 2001. Peripheral neuritis in psittacine birds with proventricular dilatation disease. *Avian Pathol*, 30, 563-570.
8. BITGOOD, J.J., et al. WHITLEY, R.D. 1986. Pop-eye: an inherited Z-linked keratoglobus in the chicken. *J Hered*, 77, 123-125.
9. BOHNET, N. 2007. *Augenuntersuchung beim Vogel - Eine interaktive CD-ROM zum Erlernen des ophthalmologischen Untersuchungsganges*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
10. BOOTE, C., HAYES, S., YOUNG, R.D., et al. 2009. Ultrastructural changes in the retinopathy, globe enlarged (rge) chick cornea. *J Struct Biol*, 166, 195-204.
11. BOOTH, R., et al. GAVEN, P. 2012. Cataract removal in a geriatric captive wedge-tailed eagle. *AAVAC/UEPV Conference Melbourne Proceedings 2012*. Melbourne.
12. BRADLEY, O.C. 1960. The eye and its appendages. In: BRADLEY, O.C., et al. GRAHAME, T. (eds.) *The Structure of the Fowl*. 4 ed. London: Oliver and Boyd Ltd.

13. BRANDES, R., et al. VAN DER WALL, G. 1980. Nematodes behind the 3d eyelid of a rosebreasted bearded parakeet (*Psittacula alexandri*). *Tierarztl Prax*, 8, 75-80.
14. BRAS, I.D., GEMENSKY-METZLER, A.J., KUSEWITT, D.F., et al. 2005. Immunohistochemical characterization of a malignant intraocular teratoid medulloepithelioma in a cockatiel. *Vet Ophthalmol*, 8, 59-65.
15. BRÜSTLE, P. 2011. *Kurzanleitung Prüfen mit MC-Fragen*. [Online]. Freiburg: Universität Freiburg.
16. BUTCHER, G.D., REED, W.M., WINTERFIELD, R.W., et al. 1990. Mycobacterium infection in a gray-cheeked parakeet. *Avian Dis*, 34, 1023-1026.
17. BUYUKMIHCI, N.C., MURPHY, C.J., et al. SCHULZ, T. 1988. Developmental ocular disease of raptors. *J Wildl Dis*, 24, 207-213.
18. CARTER, R.T., MURPHY, C.J., STUHR, C.M., et al. 2007. Bilateral phacoemulsification and intraocular lens implantation in a great horned owl. *J Am Vet Med Assoc*, 230, 559-561.
19. CENTER, I.L.T. 2002. Der Einsatz von eLearning in Unternehmen. In: OBERBAYERN, I.-U.H.F.M.U. (ed.). München.
20. CHAVES, A.J., BUSQUETS, N., CAMPOS, N., et al. 2011. Pathogenesis of highly pathogenic avian influenza A virus (H7N1) infection in chickens inoculated with three different doses. *Avian Pathol*, 40, 163-172.
21. CHEVILLE, N.F., TAPPE, J., ACKERMANN, M., et al. 1988. Acute fibrinopurulent blepharitis and conjunctivitis associated with *Staphylococcus hyicus*, *Escherichia coli*, and *Streptococcus* sp. in chickens and turkeys. *Vet Pathol*, 25, 369-375.
22. CHIN, R.P., et al. GOSHGARIAN, M. 2001. Infraorbital sinusitis associated with *Pasteurella multocida* in pen-raised ring-necked pheasants. *Avian Dis*, 45, 540-543.
23. CORTES, P.L., TIWARY, A.K., PUSCHNER, B., et al. 2006. Vitamin A deficiency in turkey poults. *J Vet Diagn Invest*, 18, 489-494.
24. CRISPIN, S.M., et al. BARNETT, K.C. 1978. Ocular candidiasis in ornamental ducks. *Avian Pathol*, 7, 49-59.
25. CURTIS, P.E., BAKER, J.R., CURTIS, R., et al. 1987. Impaired vision in chickens associated with retinal defects. *Vet Rec*, 120, 113-114.

- 
26. DANY, S., SZCZYRBA, B., et al. WILDT, J. 2008. *Prüfungen auf die Agenda!*, Bielefeld, Bertelsmann Verlag
  27. DAVIDSON, W.R., NETTLES, V.F., COUVILLION, C.E., et al. 1982. Infectious sinusitis in wild turkeys. *Avian Dis*, 26, 402-405.
  28. DE KATER, A.W., SMYTH, J.R., JR., ROSENQUIST, R.C., et al. 1986. The Slate turkey: a model for secondary angle closure glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 27, 1751-1754.
  29. DEVRIESE, L.A., VIAENE, N., UYTTEBROEK, E., et al. 1988. Three cases of infection by Haemophilus-like bacteria in psittacines. *Avian Pathol*, 17, 741-744.
  30. DIMITROV, D.S., NIKIFOROV, I., KOLEV, K.K., et al. 1987. Histological characteristics of the intraorbital glands of pheasants with tuberculosis. *Vet Med Nauki*, 24, 78-84.
  31. DOM, P., DUCATELLE, R., CHARLIER, G., et al. 1993. Papillomavirus-like infections in canaries (*Serinus canarius*). *Avian Pathol*, 22, 797-803.
  32. DORNBLÜTH, O. 2007. *Klinisches Wörterbuch - Pschyrembel*, Berlin, Walter de Gruyter
  33. DORRESTEIN, G. Chlamydiosis: A new approach in diagnosis and therapy. Proceedings Association of Avian Veterinarians, 1989 Nashville TN. 29-34.
  34. DOWNES, S. 2006. E-learning 2.0. *eLearn Magazine*.
  35. DUKE-ELDER, S.S. 1958. The eyes of birds. In: DUKE-ELDER, S.S. (ed.) *System of ophthalmology*. . London: Kimpton.
  36. ELSA. 2012. *Erstellen und Bewerten von Multiple-Choice-Aufgaben*. [Online]. Hannover: Leibnitz Universität Hannover.
  37. FELDMAN, H.A. 1974. Toxoplasmosis: an overview. *Bull N Y Acad Med*, 50, 110-127.
  38. FERGUSON, T.M., RIGDON, R.H., et al. COUCH, J.R. 1956. Cataracts in vitamin E deficiency; an experimental study in the turkey embryo. *AMA Arch Ophthalmol*, 55, 346-355.
  39. FORDHAM, M., ROSENTHAL, K., DURHAM, A., et al. 2010. Intraocular osteosarcoma in an Umbrella Cockatoo (*Cacatua alba*). *Vet Ophthalmol*, 13 Suppl, 103-108.
  40. FORRESTER, C.A., BRADBURY, J.M., DARE, C.M., et al. 2011. Mycoplasma gallisepticum in pheasants and the efficacy of tylvalosin to treat the disease. *Avian Pathol*, 40, 581-586.



41. FORSTER, F., et al. GERLACH, H. 1987. Mycobacteria in Psittaciformes. *Proc. Am. Ass. Zoo VEt*, 39-56.
42. FRANCK, L. 1883. Die Lehre von den Sinnesorganen. In: FRANCK, L. (ed.) *Anatomie der Haustiere*. Stuttgart: Verlag von Schickhardt & Ebner.
43. FRASCA, S., JR., HINCKLEY, L., FORSYTH, M.H., et al. 1997. Mycoplasma conjunctivitis in a European starling. *J Wildl Dis*, 33, 336-339.
44. GANCZ, A.Y., LEE, S., HIGGINSON, G., et al. 2006. Horner's syndrome in an eastern screech owl (*Megascops asio*). *Vet Rec*, 159, 320-322.
45. GELATT, K.N. 2007. Veterinary Ophthalmology. *Exotic Animal Ophthalmology*. John Wiley & Sons.
46. GIDDENS, W.E., JR., SWANGO, L.J., HENDERSON, J.D., JR., et al. 1971. Canary pox in sparrows and canaries (*Fringillidae* and in weavers (*Ploceidae*)). Pathology and host specificity of the virus. *Vet Pathol*, 8, 260-280.
47. GILARDI, K.V., LOWENSTINE, L.J., GILARDI, J.D., et al. 1995. A survey for selected viral, chlamydial, and parasitic diseases in wild dusky-headed parakeets (*Aratinga weddellii*) and tui parakeets (*Brotogeris sanctithomae*) in Peru. *J Wildl Dis*, 31, 523-528.
48. GRAHAM, C.L. 1978. Poxvirus infection in a spectacled Amazon parrot (*Amazona albifrons*). *Avian Dis*, 22, 340-343.
49. GROSS, W.B. 1956. Escherichia coli infection of the chicken eye. *Avian Diseases*, 1, 36-41.
50. GUDDORF, V., LEGLER, M., KUMMERFELD, M., et al. 2010. Plattenepithelkarzinome bei Zier- und Wildvögeln. 16. DVG-Tagung der Fachgruppe „Geflügel“ über Vogelkrankheiten. München: Verlag der DVG Service GmbH.
51. GUSTAFSON, C.R., COOPER, G.L., CHARLTON, B.R., et al. 1998. Pasteurella multocida infection involving cranial air spaces in White Leghorn chickens. *Avian Dis*, 42, 413-417.
52. HAWKINS, M.G., CROSSLEY, B.M., OSOFSKY, A., et al. 2006. Avian influenza A virus subtype H5N2 in a red-lored Amazon parrot. *J Am Vet Med Assoc*, 228, 236-241.
53. HIRAI, K., HITCHNER, S.B., et al. CALNEK, B.W. 1978. Characterisation of Paramyxo-, Herpes-, and Orbiviruses Isolated from Psittacine Birds. *Avian Dis*, 23, 148-163.

- 
54. HOFMANN, T. 1997. *Interaktives Lernen mit dem Internet: Theoretische Grundlagen und praktische Entwicklung von internetbasierten Lernumgebungen*. Diplomarbeit, Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg.
55. HUCHZERMEYER, F.W. 1973. Avian keratoconjunctivitis. *Trop Anim Health Prod*, 5.
56. INGLEHEARN, C.F., MORRICE, D.R., LESTER, D.H., et al. 2003. Genetic, ophthalmic, morphometric and histopathological analysis of the Retinopathy Globe Enlarged (rge) chicken. *Mol Vis*, 9, 295-300.
57. JACOBS, B. 2000. *Richtlinien zur Erstellung von einfachen Multiple-Choice-Aufgaben nach Gronlund*. [Online]. Saarbrücken: Universität Saarbrücken.
58. JACOBSON, E.R., GARDINER, C., et al. CLUBB, S. 1989. Adenovirus-like infection in white-masked lovebirds (*Agapornis personata*). *J Ass Avian Vet*, 3, 32-34.
59. JAKOBY, J.R., KORBEL, R., SCHNEEGANSS, D., et al. 1990. Amazon pox at an import station. *Tierarztl Prax*, 18, 255-258.
60. JORDAN, F.T. 1975. Avian mycoplasma and pathogenicity--a review. *Avian Pathol*, 4, 165-174.
61. JOYNER, K.L., KOCK, N., et al. STYLES, D. 1989. Encephalitis, proventricular and ventricular myositis, and myenteric ganglioneuritis in an umbrella cockatoo. *Avian Dis*, 33, 379-381.
62. JUNG, A., GRUND, C., MULLER, I., et al. 2009. Avian paramyxovirus serotype 3 infection in *Neopsephotus*, *Cyanoramphus*, and *Neophema* species. *J Avian Med Surg*, 23, 205-208.
63. KALETA, E.F., BLANCO PENA, K.M., YILMAZ, A., et al. 2007. Avian influenza A viruses in birds of the order Psittaciformes: reports on virus isolations, transmission experiments and vaccinations and initial studies on innocuity and efficacy of oseltamivir in ovo. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*, 114, 260-267.
64. KALETA, E.F., et al. HÖNICKE, A. 2005. A retrospective description of a highly pathogenic avian influenza A virus (H7N1/Carduelis/Germany/72) in a free-living siskin (*Carduelis spinus* Linnaeus, 1758) and its accidental transmission to yellow canaries (*Serinus canaria* Linnaeus, 1758). *Dtsch Tierarztl Wochenschr*, 112, 17-19.
65. KALETA, E.F., et al. KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. 1999. *Kompendium der Ziervogelkrankheiten*, Hannover, Schlütersche

66. KARPINSKI, L.G., et al. CLUBB, S.L. 1983. Clinical aspects of ophthalmology in caged birds. *Proc Assoc Avian Vet, San Diego/California*, 216-227.
67. KATOH H, OGAWA H, OHYA K, et al. 2010. A review of DNA viral infections in psittacine birds. *J Vet Med Sci.*, 72, 1099-1106.
68. KERN, T.J., PAUL-MURPHY, J., MURPHY, C.J., et al. 1996. Disorders of the Third Eyelid in Birds: 17 Cases. *J Ass Avian Vet*, 10, 12-18.
69. KEYMER, I.F. 1977. Cataracts in birds. *Avian Pathol*, 6, 335-341.
70. KEYMER, I.F., LEACH, R.H., CLARKE, R.A., et al. 1984. Isolation of mycoplasma spp. from racing pigeons (*Columba livia*). *Avian Pathol*, 13, 65-74.
71. KING, A.S., et al. MCLELLAND, J. 1975. Special Sense Organs: Eye. *In*: KING, A.S., et al. MCLELLAND, J. (eds.) *Outlines of Avian Anatomy*. Sydney, Auckland, Toronto, London, Johannesburg: Baillière Tindall.
72. KORBEL, R. 1991. The current status of avian ophthalmology. *Tierarztl Prax*, 19, 497-507.
73. KORBEL, R. 1992a. Ocular manifestations of systemic diseases in birds. Part 1. *Tierarztl Prax*, 20, 385-394.
74. KORBEL, R. 1992b. Ocular manifestations of systemic diseases in birds. Part 2. *Tierarztl Prax*, 20, 483-491.
75. KORBEL, R. 1994a. *Augenkrankheiten bei Vögeln: Ätiologie und Klinik von Augenkrankheiten, Luftsack-Perfusionsanästhesie, ophthalmologische Photographie und Bildatlas der Augenkrankheiten bei Vögeln*. Vet Habil, .
76. KORBEL, R. 1994b. *Augenkrankheiten bei Vögeln: Ätiologie und Klinik von Augenkrankheiten, Luftsack-Perfusionsanästhesie, ophthalmologische Photographie und Bildatlas der Augenerkrankungen bei Vögeln.*, München.
77. KORBEL, R. 1995. Aktuelles Lexikon - Augenheilkunde bei Vögeln: Mydriasis. Luftsack-Perfusionsanästhesie, Augenhintergrund, Augenfehler, Skleralring. *Tierärztliche Praxis*, 23, 110-116.
78. KORBEL, R. 1999. Erkrankungen des Augenhintergrundes beim Vogel - Untersuchungstechniken und Befunde. *Wien, Tierärztl. Mschr.*, 86, 395-410.

- 
79. KORBEL, R. 2000. Avian Ophthalmology: A Clinically Orientated Approach. *Association of Avian Veterinarians 2000 Proceedings*, 439-455.
80. KORBEL, R. 2001. Das Ophthalmologische Quiz. *Tierarztl Prax*, 29, 264-269.
81. KORBEL, R. 2003. Granulomatöse Konjunktivitis infolge Mykobakteriose bei einer Salvin's Amazone ( *Amazona autumnalis salvinii*). *Tierärztliche Praxis*, 31, 250; 257-260.
82. KORBEL, R. 2004a. Das Ophthalmologische Quiz. *Tierarztl Prax*, 32, 44, 50-56.
83. KORBEL, R. 2004b. Konjunktivitis bei einem Nymphensittich (*Nymphicus hollandicus* L., 1758) infolge Chlamydophilose (Psittakose). *Tierarztl Prax*, 32, 252, 258-261.
84. KORBEL, R. 2004c. Pupillendefrmation bei einem Graupapagei (*Psittacus erithacus*). *Tierarztl Prax*, 32, 44, 50-57.
85. KORBEL, R. 2006. Rezidivierende Konjunktivitis bei einem Pfirsichköpfchen. *Tierarztl Prax*, 34, 54, 59-62.
86. KORBEL, R. 2012a. Avian Ophthalmology - Principles and Application. *2012 Proceedings AAVAC/UEPV Conference Melbourne*, 1-8.
87. KORBEL, R. 2012b. Avian Vision - Seeing within the Invisible. *AAVAC/UEPV Conference Melbourne Proceedings 2012*. Melbourne.
88. KORBEL, R. 2012c. Update on PDD and Avian Bornavirus. *AAVAC/UEPV Conference Melbourne Proceedings 2012*, 103-104.
89. KORBEL, R., et al. BRAUN, J. 1999. Tonometrie beim Vogel mit dem Tonopen XL. *Tierarztl Prax*, 208-213.
90. KORBEL, R., et al. LEITENSTORFER, P. 1998. The modified Schirmer tear test in birds - a method for checking lacrimal gland function. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 26, 284-294.
91. KORBEL, R., et al. MAGGS, D. 2012. Neue Ophthalmologische Untersuchungskennntnisse zum pop-Eye-Syndrom bei Legehennen. *17. DVG-Tagung über Vogelkrankheiten*. München.
92. KORBEL, R., REESE, S., et al. HEGNER, K. 1998. Anatomical and clinical examination of the iridocorneal angle (gonioscopie) and the ciliary body in various bird species. *Proc 2 nd Symp Europ Ass Zoo Wildlife Vet, Chester/Uk*, 2, 329-342.

93. KORBEL, R., REESE, S., et al. KÖNIG, H.E. 2009. Klinischer Untersuchungsgang. In: KÖNIG, H.E., et al. LIEBICH, H.-G. (eds.) *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*. Stuttgart: Schattauer Verlag.
94. KORBEL, R., et al. SCHAFFER, E.H. 1991. The occurrence of conjunctivitis of unknown etiology in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*, Shaw 1805). *Tierärztl Prax*, 19, 659-663.
95. KORBEL, R., SCHÄFFER, E.H., RAVELHOFER, K., et al. 1997. Okulare Manifestation von Mykobakteriosen bei Vögeln. *Tierärztliche Praxis*, 25, 552-558.
96. KORBEL, R., et al. STÜTZ, S. 1999. Untersuchungen zur Elektroretinographie bei Mäusebussarden (*Buteo buteo* L., 1758). *Tierärztl Prax*, 27, 255-262.
97. KRACHMER, J.H., FEDER, R.S., et al. BELIN, M.W. 1984. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol*, 28, 293-322.
98. KRAENNER, P. 1920. *Falkenheikunde*. Dissertation.
99. KRAUTWALD, M.-E., NEUMANN, W., et al. RINK, P. Ophthalmological Procedures - Differentiated Diagnostics in Psittacine Birds. Proceedings Association of Avian Veterinarians, 1989. 82-91.
100. KRAUTWALD, M.E., FOERSTER, S., HERBST, W., et al. 1988. Detection of a new herpesvirus in a unusual case of Pacheco's parrot disease in Amazonian and gray parrots. *Zentralbl Veterinarmed B*, 35, 415-420.
101. KREBS, R. 2008. *Multiple Choice Fragen? Ja, aber richtig. E-Learning-Kolloquium der Supportstelle für ICT-gestützte Lehre*. [Online]. Bern: Universität Bern.
102. LANDMAN, W.J., BOEVE, M.H., DWARS, R.M., et al. 1998. Keratoglobus lesions in the eyes of rearing broiler breeders. *Avian Pathol*, 27, 256-262.
103. LENNOX, A.M. 2007. Mycobacteriosis in companion psittacine birds: a review. *J Avian Med Surg*, 21, 181-187.
104. LEY, D.H., BERKHOFF, J.E., et al. MCLAREN, J.M. 1996. Mycoplasma gallisepticum isolated from house finches (*Carpodacus mexicanus*) with conjunctivitis. *Avian Dis*, 40, 480-483.

- 
105. LIERZ, M., PRUSAS, C., BERGAMNN, V., et al. Outbreak of Avipox- Infection in a Stone Curlew (*Burhinus oedicnemus*) breeding farm. 5th Conference of the European Committee of the Association of Avian Veterinarians, 17.- 22. Mai, 1999 Pisa, Italien.
106. LIN, M.Y., LIN, K.J., LAN, Y.C., et al. 2001. Pathogenicity and drug susceptibility of the *Pasteurella anatis* isolated in chickens in Taiwan. *Avian Dis*, 45, 655-658.
107. LINDSAY, D.S., BLAGBURN, B.L., SUNDERMANN, C.A., et al. 1987. *Cryptosporidium baileyi*: effects of intra-abdominal and intravenous inoculation of oocysts on infectivity and site of development in broiler chickens. *Avian Dis*, 31, 841-843.
108. LINDSAY, D.S., GASSER, R.B., HARRIGAN, K.E., et al. 1995. Central nervous system toxoplasmosis in Roller canaries. *Avian Dis*, 39, 204-207.
109. LÖFFLER, B.A. 2011. *Aviäre Bornaviren bei Papageien: Untersuchungen zur Antigen-Verteilung im Gewebe*. Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
110. LOPEZ, R.M., et al. MURCIA, D.B. 2008. First description of malignant retrobulbar and intracranial teratoma in a lesser kestrel (*Falco naumanni*). *Avian Pathol*, 37, 413-414.
111. MARSON, F., PENDL, H., et al. GERLACH, H. 2010. Osteom und Paranasale Sinuszysten bei einer Hausgans (*Anser Anser* Var Dom). In: GESELLSCHAFT, D.V. (ed.) 16. DVG-Tagung der Fachgruppe "Geflügel" über Vogelkrankheiten. München: DVG Service GmbH.
112. MASON, R.W. 1986. Conjunctival cryptosporidiosis in a duck. *Avian Dis*, 30, 598-600.
113. MEYER, K.F., et al. EDDIE, B. 1934. Latent Psittacosis and Salmonella Psittacosis Infection in South American Parrotlets and Conures. *Science*, 79, 546-548.
114. MILES, S., MONKS, D., COWAN, M., et al. 2012. Osteosarcoma in a Sulphur-Crested Cockatoo (*Cacatua galerita*). *AAVAC/UEPV Conference Melbourne Proceedings 2012*. Melbourne.
115. MUELLER, M.E. 1990. Respiratory herpesvirus infection with inclusion body conjunctivitis in Red-cheeked Cordon-blue (*Uraeginthus bengalus*). *Avian Pathol*, 19, 595-599.
116. MÜLLER, C.G. 2010. *Untersuchungen über Chorio- und Retinopathien am Taubenaugen nach artifizell herbeigeführtem Hyphaema*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.

117. MURAKAMI, S., MIYAMA, M., OGAWA, A., et al. 2002. Occurrence of conjunctivitis, sinusitis and upper region tracheitis in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), possibly caused by *Mycoplasma gallisepticum* accompanied by *Cryptosporidium* sp. infection. *Avian Pathol*, 31, 363-370.
118. MURATA, K., et al. ASAKAWA, M. 1999. First report of *Thelazia* sp. from a Captive Oriental White Stork (*Cicpnia boyciana*) in Japan. *J. Vet. Med. Sci.*, 61, 93-95.
119. MURPHY, C.J. 1984. Raptor ophthalmology. . *Proc Assoc Avian Vet, Toronto, Ontario/Canada*, 43-58.
120. MUSTAFFA-BABJEE, A., SPRADBROW, P.B., et al. SAMUEL, J.L. 1974. A pathogenic paramyxovirus from a budgerigar (*Melopsittacus undulatus*). *Avian Dis*, 18, 226-230.
121. NAKAMURA, K., et al. ABE, F. 1987. Ocular lesions in chickens inoculated with *Escherichia coli*. *Can J Vet Res*, 51, 528-530.
122. NAKAMURA, K., OHTA, Y., ABE, Y., et al. 2004. Pathogenesis of conjunctivitis caused by Newcastle disease viruses in specific-pathogen-free chickens. *Avian Pathol*, 33, 371-376.
123. NILI, H., ASASI, K., DADRAS, H., et al. 2006. Pathobiology of H9N2 Avian Influenza Virus in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Avian Dis*, 50, 390-392.
124. NUNOYA, T., YAGIHASHI, T., TAJIMA, M., et al. 1995. Occurrence of keratoconjunctivitis apparently caused by *Mycoplasma gallisepticum* in layer chickens. *Vet Pathol*, 32, 11-18.
125. OLSON, L.D. 1981. Ophthalmia in turkeys infected with *Pasteurella multocida*. *Avian Dis*, 25, 423-430.
126. PANIGRAHY, B., CLARK, F.D., et al. HALL, C.F. 1983. Mycobacteriosis in psittacine birds. *Avian Dis*, 27, 1166-1168.
127. PARENTI, E., SOLA, S.C., TURILLI, C., et al. 1986. Spontaneous toxoplasmosis in canaries (*Serinus canaria*) and other small passerine cage birds. *Avian Pathol*, 15, 183-197.
128. PARTL, H., et al. MÜLLER-PROTHMANN, T. 2010. *TYPO3 4.3 für Webautoren: Das Einsteigerseminar*, bhv.
129. PAULMAN, A., LICHTENSTEIGER, C.A., et al. KOHRT, L.J. 2006. Outbreak of herpesviral conjunctivitis and respiratory disease in gouldian finches. *Vet Pathol*, 43, 963-970.

- 
130. PEAKER, M. 1971. Avian Salt Glands. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 289-300.
131. PECCATI, C., CROCI, C., et al. BOTTGER, E.C. 1999. Mycobacteriosis by *Mycobacterium genavense* in captive bred finches. *Proc 5th Conf Eur Assoc Avian Vet Pisa, Italy (May 17–22, 1999)*, 27-29.
132. PEES, M., CHRISTEN, C., GROENEVELD, G., et al. 2004. *Leitsymptome bei Papageien und Sittichen - Diagnostischer Leitfaden und Therapie*, Stuttgart, Enke Verlag.
133. PETTIGREW, J.D., WALLMAN, J., et al. WILDSOET, C.F. 1990. Saccadic oscillations facilitate ocular perfusion from the avian pecten. *Nature*, 343, 362-363.
134. PFLEGHAAR, S., et al. SCHAFFER, E.H. 1992. Lens-induced uveitis (endophthalmitis phakoanaphylactica) in domestic animals. *Tierarztl Prax*, 20, 7-18.
135. POCKNELL, A.M., MILLER, B.J., NEUFELD, J.L., et al. 1996. Conjunctival mycobacteriosis in two emus (*Dromaius novaehollandiae*). *Vet Pathol*, 33, 346-348.
136. QUIST, E.M., BELCHER, C., LEVINE, G., et al. 2011. Disseminated histoplasmosis with concurrent oral candidiasis in an Eclectus parrot (*Eclectus roratus*). *Avian Pathol*, 40, 207-211.
137. RAMIS, A., FERRER, L., ARANAZ, A., et al. 1996. *Mycobacterium genavense* infection in canaries. *Avian Dis*, 40, 246-251.
138. REESE, S., KORBEL, R., et al. LIEBICH, H.-G. 2009. Sehorgan (Organum visus). In: KÖNIG, H.E., et al. LIEBICH, H.-G. (eds.) *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*. 2 ed. Stuttgart: Schattauer Verlag.
139. REINHARDT, A., et al. KEHL, J. 2010. *Wegweiser für gute Multiple-Choice Fragen* [Online]. Zürich: Edelgenössische Technische Hochschule Zürich.
140. RICHTER, R., et al. BARUTZKI, D. 1990. Durch *Ceratospira vesiculosa* bedingte Konjunktivitis bei Importpapageien (*Psittaculi rostris desmarestii*). In: GES., F.G.D.D.V. (ed.) *VII. Tag. Vogelkrankheiten*. 1. -2. März München.
141. RICHTER, R., KÖSTERS, J., et al. KRÄMER, K. 1983. Zur Paramyxovirusinfektion bei Tauben. *Der praktische Tierarzt*, 10, 915-918.



142. RINDER, M., KASPERS, B., STAEHELI, P., et al. 2009. Die "neuropathische Magendilatation der Papageienvögel" und aviäre Borna-Viren - aktuelle Entwicklungen. *Veterinär Spiegel*, 4, 188-191.
143. RITCHIE, B.W., HARRISON, G.J., et al. HARRISON, L.R. 1994. *Avian Medicine: principles and applications*. Lake Worth, FL.: Wingers Publ.
144. ROLLE, M., et al. MAYR, A. 2007. *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*, Stuttgart, Enke Verlag.
145. ROMAGNANO, A., MASHIMA, T.Y., BARNES, H.J., et al. 1995. Pituitary Adenoma in an Amazon Parrot. *J Avian Med Surg*, 9, 263-270.
146. RÜHRING, B. 2008. *Typo3 4.0 leicht & verständlich*, Knowware.
147. RUPLEY, A.E. 1997. Ophthalmic Signs. In: RUPLEY, A.E. (ed.) *Manuel of Avian Practice*. 1 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
148. SANFORD, S.E., REHMTULLA, A.J., et al. JOSEPHSON, G.K. 1994. Tuberculosis in farmed rheas (*Rhea americana*). *Avian Dis*, 38, 193-196.
149. SCHNEEGANS, D., et al. KORBEL, R. 1988. Zum aktuellen Vorkommen aviärer Paramyxovirose. *Tierarztl Prax*, 16, 159-160.
150. SCHWABE, C.W. 1950. Studies on *Oxyspirura mansoni*, the tropical eyeworm of poultry. III. Preliminary observations on eyeworm pathogenicity. *Am J Vet Res*, 11, 286-290.
151. SCHWARZE, E., SCHRÖDER, L., et al. MICHEL, G. 1972a. Die Sinnesorgane - Das Sehorgan. In: SCHWARZE, E., SCHRÖDER, L., et al. MICHEL, G. (eds.) *Kompendium der Geflügelanatomie*. Jena: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
152. SCHWARZE, E., SCHRÖDER, L., et al. MICHEL, G. 1972b. *Kompendium der Geflügelanatomie*, Jena, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
153. SEIDEL, B. 1988. Augenkrankheiten der Vögel. In: SCHMIDT, V. (ed.) *Augenkrankheiten der Haustiere*. 2 ed. Stuttgart: Enke.
154. SHIVAPRASAD, H.L., et al. KORBEL, R. 2003. Blindness due to retinal dysplasia in broiler chicks. *Avian Dis*, 47, 769-773.

- 
155. SILVA, E.N., HIPOLITO, O., et al. GRECCHI, R. 1980. Natural and experimental *Salmonella arizonae* 18:z4,z32 (Ar. 7:1,7,8) infection in broilers. Bacteriological and histopathological survey of eye and brain lesions. *Avian Dis*, 24, 631-636.
156. SIMOVA-CURD, S., RICHTER, M., HAUSER, B., et al. 2009. Surgical removal of a retrobulbar adenoma in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*). *J Avian Med Surg*, 23, 24-28.
157. SIMPSON, C.F., et al. HANLEY, J.E. 1977. Pacheco's parrot disease of psittacine birds. *Avian Dis*, 21, 209-219.
158. SMITH, M.E., BECKER, B., et al. PODOS, S. 1969. Light-induced angle-closure glaucoma in the domestic fowl. *Invest Ophthalmol*, 8, 213-221.
159. SMITH, T.W., ALBERT, D.M., ROBINSON, N., et al. 1974. Ocular manifestations of Marek's disease. *Invest Ophthalmol*, 13, 586-592.
160. SMOLLE, J. 2008. *Klinische MC-Fragen rasch und einfach erstellen* Berlin [u. a.] de Gruyter.
161. SONGSERM, T., VIRIYARAMPA, A.S., SAE-HENG, N., et al. 2003. *Pasteurella multocida*-associated sinusitis in khaki Campbell ducks (*Anas platyrhynchos*). *Avian Dis*, 47, 649-655.
162. SOUZA, M.J., JOHNSTONE-MCLEAN, N.S., WARD, D., et al. 2008. Conjunctival Xanthoma in a Blue and Gold Macaw (*Ara ararauna*). *Association of Avian Veterinarians 2008 Proceedings*, 305.
163. STILES, J., et al. GREENACRE, C. 2001. Infraorbital Cyst in a White Cockatoo (*Cacatua alba*). *Journal of Avian Medicine and Surgery* 15, 40-43.
164. STITZ, L., KREY, H., et al. LUDWIG, H. 1980. Borna Disease in Rhesus Monkeys as a Model for Uveo-Cerebral Symptoms. *Journal of Medical Virology*, 6, 330-340.
165. STYLES, D.K., TOMASZEWSKI, E.K., et al. PHALEN, D.N. 2005. A novel psittacid herpesvirus found in African grey parrots (*Psittacus erithacus erithacus*). *Avian Pathol*, 34, 150-154.
166. SYKES, G.P. 1982. Tuberculosis in a red-tailed hawk (*Buteo jamaicensis*). *J Wildl Dis*, 18, 495-499.

167. TACHEZY, R., RECTOR, A., HAVELKOVA, M., et al. 2002. Avian papillomaviruses: the parrot *Psittacus erithacus* papillomavirus (PePV) genome has a unique organization of the early protein region and is phylogenetically related to the chaffinch papillomavirus. *BMC Microbiol*, 2, 19.
168. TANDLER, H. 2013. *Untersuchungen zur Verwendung von TonoVet ® und TonoLab ® bei Vögeln*. Dissertation.
169. TARELLO, W. 2004. Avian pox in psittacine birds from Saudi Arabia. *Revue Méd. Vét.*, 155, 483-485.
170. TSAI, S.S., PARK, J.H., HIRAI, K., et al. 1993. Eye lesions in pet birds. *Avian Pathol*, 22, 95-112.
171. TYPO3-ASSOCIATION. *Typo3* [Online]. [www.typo3.org](http://www.typo3.org).
172. VAN DEN BRAND, J.M., MANVELL, R., PAUL, G., et al. 2007. Reovirus infections associated with high mortality in psittaciformes in The Netherlands. *Avian Pathol*, 36, 293-299.
173. WADE, L.L., et al. BAINES, F.M. 2008. Ultraviolet-induces Photokeratitis in a Meyer's parrot (*Poicephalus meyeri*) and Ultraviolet-induced Photodermatitis in an African Grey Parrot (*Psittacus erithacus*). *Association of Avian Veterinarians 2008 Proceedings*, 421-422.
174. WALDE, I. 1997. Die Untersuchung des Auges. In: WALDE, I., SCHÄFFER, E.H., et al. KÖSTLIN, R. (eds.) *Atlas der Augenerkrankungen bei Hund und Katze*. Stuttgart, New York: Schattauer.
175. WASHKO, R.M., HOEFER, H., KIEHN, T.E., et al. 1998. Mycobacterium tuberculosis infection in a green-winged macaw (*Ara chloroptera*): report with public health implications. *J Clin Microbiol*, 36, 1101-1102.
176. WEISSENBOCK, H., SEKULIN, K., BAKONYI, T., et al. 2009. Novel avian bornavirus in a nonpsittacine species (Canary; *Serinus canaria*) with enteric ganglioneuritis and encephalitis. *J Virol*, 83, 11367-11371.
177. WELLEHAN, J.F., JR., GREENACRE, C.B., FLEMING, G.J., et al. 2009. Siadenovirus infection in two psittacine bird species. *Avian Pathol*, 38, 413-417.

- 
178. WILLEMSSEN, C.A. 1969. *De arte vivandi cum avibus. Einleitung und erläuternde Beschreibung zu der Faksimile-Ausgabe des Ms. Pal. Lat. 1071*, Graz, Biblioteca Apostolica Vaticana.
179. WILLIAMS, D. 1986. Ophthalmology. In: HARRISON, G.J. (ed.) *Clinical Avian medicine and surgery*. Philadelphia, London, Toronto: Saunders.
180. WILLIAMS, D.L. 2012. The avian eye. In: WILLIAMS, D.L. (ed.) *Ophthalmology of Exotic Pets*. 1 ed. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.
181. WILLIAMS, D.L., GONZALEZ VILLAVINESCIO, C.M., et al. WILSON, S. 2006. Chronic ocular lesions in tawny owls (*Strix aluco*) injured y road traffic. *Vet Rec*, 159, 148-153.
182. WILLIAMS, S.M., FULTON, R.M., RENDER, J.A., et al. 2001. Ocular and Encephalic Toxoplasmosis in Canaries. *Avian Dis*, 45, 262-267.
183. WILLIS, A.M., et al. WILKIE, D.A. 1999. Avian Ophthalmology, Part 2: Review of Ophthalmic Diseases. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 13, 245-251.
184. WOERPEL, R.W., et al. ROSSKOPF, W.J. 1983. Retro-orbital Mycobacterium tuberculosis infection in a yellow-naped amazon parrot (*Amazona ochrocephala auropalliata*). *Proc Assoc Avian Vet*. San Diego/California.
185. WRIEDT, A., HAMANN, H., DISTL, O., et al. 2002. Häufigkeit von Katarakten und Irisveränderungen bei Japanischen Mövchen (*Lonchura striata* (Linnaeus, 1766) f. domestica). *Tierarztl Prax*, 30, 220-225.
186. ZÜRICH, U. 2012. *Multiple-Choice-Prüfungen* [Online]. Zürich: Arbeitsstelle für Hochschuldidaktik der Universität Zürich.

### **13. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Rüdiger Korbel, der dieses reizvolle Thema für meine Dissertation ausgewählt hat und immer für fachliche Diskussionen und Ratschläge zur Verfügung stand. Vor allem die großzügige Bereitstellung seiner Fotografiensammlung und seine zahlreichen Anregungen haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Den Mitarbeitern der Klinik danke ich für die freundliche und angenehme Arbeitsatmosphäre. Einen besonderen Dank gilt der Abteilung Bakteriologie für die freundschaftliche Aufnahme in das Team, die große Hilfsbereitschaft und die großartige Unterstützung vor allem von Daniela Wagner.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. Franz Kronthaler für die guten Ratschläge und die angenehme Betreuung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Ein ganz besonderer Dank geht an Marcus Wagner für die technischen Hilfestellungen und die anregenden Diskussionen auch zu später Stunde. Vielen Dank für die Zeit, die Geduld und die Motivation, die er mir mit meinen Computerproblemen entgegen brachte!

Ein besonderes Dankeschön geht an meinen besten Freund Dr. René Dörfelt, der mich durch das lange Studium der Veterinärmedizin begleitet, dabei an Erklärungen und Hilfestellungen nicht gespart hat und immer für fachliche Diskussionen offen war und mir zu jeder Zeit Zuversicht entgegen brachte.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meiner Schwester Christina Ammon für ihre aufmunternden Worte, die sie zu jeder Tageszeit für mich parat hatte, bedanken.

Von ganzen Herzen danke ich meinen Eltern, die mir meinen Kindheitstraum, Tierärztin zu werden, ermöglicht haben und mir mit ihrer Liebe, ihrer Zuversicht und ihrem Verständnis Rückhalt gegeben und mich stets motiviert haben. Vielen Dank für die vielen gedrückten Daumen!

Ein ganz besonderer Dank geht an meinen Vater, der sich trotz seines anstrengenden Lebens in den USA Zeit genommen hat, meine Arbeit Korrektur zu lesen und sich dabei durch die Augenheilkunde beim Vogel gekämpft hat.

